COMVEST
Comissão Permanente para os Vestibulares

2013
vestibular nacional
UNICAMP

2ª Fase

Ciências da Natureza

CIÊNCIAS DA NATUREZA

INTRODUÇÃO

As questões da prova de ciências da natureza procuram mostrar que os conhecimentos adquiridos no ensino fundamental e no ensino médio permitem compreender muitos aspectos de fatos que fazem parte da vida cotidiana de nossos tempos. As questões de física abordaram eventos e fenômenos que são objeto de estudos avançados como raios cósmicos, o pouso da sonda Curiosity na superfície de Marte e a expansão acelerada do universo. Em particular, foi o estudo do último tema que concedeu o prêmio Nobel de Física de 2011 a três astrônomos. Outros tópicos de grande interesse na atualidade que foram abordados na prova se referem à sustentabilidade e a fenômenos meteorológicos, como a precipitação da chuva e mecanismos de melhor uso da energia elétrica em sua transmissão ou em sistemas de refrigeração de prédios; também foram abordados alguns fenômenos físicos empregados no funcionamento de tecnologias recentes, como no monitoramento de exercícios físicos ou na formação de imagens tridimensionais no cinema e nos televisores 3D.

As questões de química também ressaltaram aspectos e fatos do dia a dia, que permitem que o assunto seja discutido sob diferentes pontos de vista e de uma forma interdisciplinar, favorecendo a construção de benefícios práticos para a sociedade e o meio-ambiente. Dessa forma, as questões focam assuntos importantes para o cidadão, relacionados aos problemas ambientais ligados à atividade humana, contemplando diferentes tipos de atividades e problemas delas decorrentes. Como exemplo destaca-se a questão da exploração adequada do solo, na distribuição da riqueza, na logística de produção e distribuição do bioetanol, na contaminação do solo e das águas por mau funcionamento de postos de combustíveis e até na adulteração de combustíveis, que, necessariamente, só é possível por conta de algumas propriedades químicas da água e dos componentes desses combustíveis.

Os conhecimentos fundamentais dos grandes temas da biologia (ecologia, zoologia, botânica, evolução, fisiologia, biologia celular e genética) foram abordados nas questões relativas a esta área de conhecimento. Assuntos atuais como pesca predatória e contaminação de alimentos com *Trypanosoma cruzi* são abordados nas questões, que também exploram conhecimentos clássicos, como cadeia alimentar e a transmissão vetorial da doença de Chagas. As questões relativas à zoologia abordam características da morfologia externa, da morfologia interna, fisiológicas e comportamentais, tanto de animais invertebrados quanto de vertebrados. A questão que versa sobre a origem evolutiva das semelhanças relativas ao formato corpóreo de tubarões e golfinhos bem como a que trata de diferentes formas de dispersão de sementes exigem, além de conhecimentos específicos, a habilidade de associação de conhecimentos de diferentes áreas. Dessa forma, as questões de biologia permitem uma verificação ampla e diversificada do conteúdo explorado no ensino médio.

Questão 1

Na discussão atual sobre a sustentabilidade do planeta, o termo "3R" tem sido usado para se referir a práticas - **Reutilizar, Reciclar e Reduzir** - que podem ser adotadas para diminuir o consumo de materiais e energia na produção de objetos.

a) Tendo em vista a sustentabilidade do planeta, ordene os verbos "reutilizar", "reciclar" e "reduzir", colocando em primeiro lugar a ação que levaria a uma diminuição mais significativa do consumo energético e material e, em último, a ação que levaria a uma diminuição menos significativa.

b) Em um condomínio residencial há quatro grandes recipientes para receber, separadamente, metais, vidros, papéis e plásticos. Seria importante que houvesse outro recipiente, que até poderia ser menor, para receber outro tipo de material. Que material seria esse, sabendo-se que, do ponto de vista ambiental, ele é mais prejudicial que os outros mencionados? Explique por que esse material é muito prejudicial ao ambiente, quando aí descartado.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
Reduzir, reutilizar, reciclar.

b) **(2 pontos)**
O material seria constituído de **pilhas e baterias**. Esses dispositivos são constituídos, em parte, de metais pesados e outras substâncias **com alto potencial poluidor**.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) 1º : Reduzir ; 2º : Reutilizar ; 3º : Reciclar

b) Seria muito importante outro recipiente para receber PILHAS e BATERIAS. Esses materiais contém metais pesados tal como Níquel e Cádmio, que não se decompõem na natureza, o que provoca um gigantesco dano ambiental, podendo levar à morte de várias espécies.

Exemplo Abaixo da Média

a) Reduzir, reciclar e reutilizar

b) Derivados de petróleo, pois demora muito sua decomposição, poluindo o meio ambiente.

Comentários

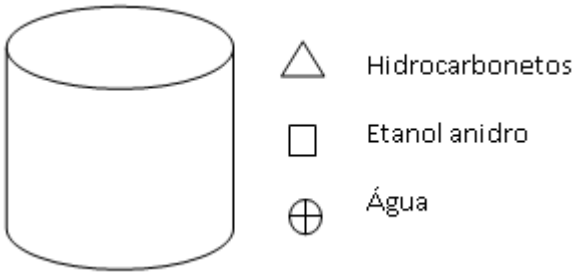
Esta questão foi escolhida como início de prova, por tratar de um assunto que precisa ser bastante discutido pela sociedade como um todo. *Reciclar* é a palavra de ordem na mídia atualmente, no entanto há outras ações mais importantes que precisam aparecer não somente em programações muito específicas, mas no cotidiano da mídia. *Reutilizar* ou *reduzir* parecem não fazer parte do vocabulário das pessoas, como sociedade, a não ser quando se trata de questões da economia individual. Por isso esta questão dá especial atenção a esse aspecto – a ação mais importante, que é reduzir, parece não ser uma prioridade na sociedade, uma vez que implica uma mudança mais radical de hábitos. Dessa forma, sua incorporação nos meios de comunicação de massa e na literatura escolar é bem mais lenta que a ação de reciclar. A ação de reciclar depende apenas do cidadão, que só precisa "separar" o que foi usado e descartar no lugar apropriado. Em geral as pessoas concordam e entendem com mais facilidade que devem separar os materiais e descartá-los, desde que haja um local apropriado, mas não conseguem entender, por exemplo, a "redução no uso de sacolas plásticas de supermercado", medida que foi adotada recentemente e que não durou mais que um mês. Dessa forma, quando se pergunta, na questão, qual a ordem de importância das três ações – Reutilizar, Reciclar e Reduzir –, espera-se que o candidato indique reduzir como a ação mais importante. Deve-se lembrar que o texto do item **a** informa que o importante é uma diminuição no uso de materiais e energia. Muitos candidatos que erraram a ordenação, indicando mais frequentemente, nesse caso, reciclar como a ação mais importante, provavelmente o fizeram porque reduzir não é uma ação estimulada, principalmente por parte de organismos governamentais, que entendem que se deve estimular o consumo como forma de promover o desenvolvimento econômico do país, o que leva a um aumento na demanda de energia e de materiais. No geral os candidatos foram bem nesse item, embora certo número tenha apontado apenas duas ações, a primeira e a última, entendendo que essa era a exigência do texto. O item **b** dessa questão também trata da sustentabilidade do planeta. O texto informa que o recipiente que receberia o material aludido poderia até ser menor, indicando que o material a ser descartado seria pouco volumoso. Em geral os candidatos responderam bem a esse item, uma vez que essa geração convive diariamente com dispositivos que fazem uso de baterias e pilhas, itens de muita importância para essa geração. No entanto, mesmo indicando corretamente o descarte, muitos entendem que esses itens contêm material radiativo e que, de alguma forma, essa radiatividade só se manifesta de forma prejudicial quando o dispositivo não mais opera. Essa confusão provavelmente se deve à controvérsia envolvendo a emissão de ondas eletromagnéticas em aparelhos de comunicação e a evolução de processos cancerígenos. É bem comum essa confusão, já que nos dois casos se utiliza a palavra *emissão*: para radiação e para ondas eletromagnéticas. A média de 2,3 em 4,0 pontos possíveis, segunda melhor média nas questões de Química, mostra que os candidatos conhecem bem os fatos. As médias nos itens **a** e **b** foram muito parecidas.

Questão 2

O carro *flex* pode funcionar com etanol ou gasolina, ou com misturas desses combustíveis. A gasolina comercial brasileira é formada por uma mistura de hidrocarbonetos e apresenta, aproximadamente, 25 % de etanol anidro em sua composição, enquanto o etanol combustível apresenta uma pequena quantidade de água, sendo comercializado como etanol hidratado.

a) Do ponto de vista das interações intermoleculares, explique, separadamente: (1) por que a gasolina comercial brasileira, apesar de ser uma mistura de hidrocarbonetos e etanol, apresenta-se como um sistema monofásico; e (2) por que o etanol combustível, apesar de ser uma mistura de etanol e água, apresenta-se como um sistema monofásico.

b) Em um tanque subterrâneo de gasolina comercial houve uma infiltração de água. Amostras do líquido contido no tanque, coletadas em diversos pontos, foram juntadas em um recipiente. Levando em conta as possíveis interações intermoleculares entre os componentes presentes no líquido, complete o desenho do recipiente na figura apresentada abaixo. Utilize, necessariamente, a legenda fornecida, de modo que fique evidente que houve infiltração de água.



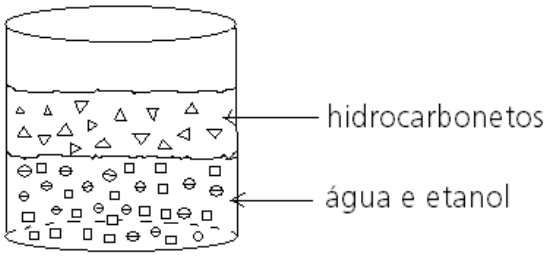
Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

1- A gasolina comercial apresenta-se como uma fase única por causa das interações intermoleculares que ocorrem entre as moléculas apolares dos hidrocarbonetos que a constituem e a parte apolar da molécula de etanol.

2- O etanol combustível também se apresenta como uma fase única em razão das fortes interações intermoleculares do tipo ligação de hidrogênio que existem entre seu grupo OH e as moléculas de água.

b) **(2 pontos)**

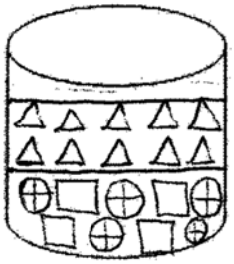


Observação: a fase hidrocarbonetos também pode conter representações do etanol.

Exemplo Acima da Média

a) 1. Os hidrocarbonetos da gasolina são apolares e o etanol, apesar de possuir uma hidroxila, possui em parte da sua molécula um caráter apolar. Esse fato permite que a gasolina seja um sistema monofásico.
2. A água, devido a caráter de suas ligações e sua geometria molecular, é muito polar. Esse aspecto da água e o grupo hidroxila do etanol permitem que sejam formadas ligações de hidrogênio entre as duas substâncias, tornando o etanol combustível um sistema monofásico.

b)



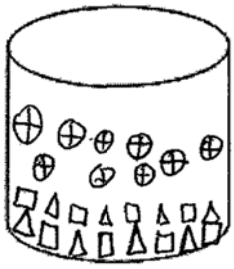
Hidrocarbonetos

Etanol anidro

Água

Exemplo Abaixo da Média

a) 1- A gasolina comercial brasileira apresenta sistema monofásico pois os hidrocarbonetos e o álcool etanólico reagem e se fundem, formando um sistema misível
2- Só o etanol combustível apresenta sistema monofásico pois ambos, apesar de conterem ligações diferenciadas entre as moléculas, apresentam em sua composição as mesmas moléculas de Hidrogênio e oxigênio.



Hidrocarbonetos

Etanol anidro

Água

Comentários

Embora a questão 2 envolva um aspecto importante do ponto de vista da sustentabilidade do planeta e da cidadania, o assunto não foi explorado nessa perspectiva. A questão explorou tão somente aspectos fundamentais do conhecimento químico. O item **a** indaga sobre o papel das interações intermoleculares no processo da miscibilidade entre líquidos. Vale a pena ressaltar que o texto deixa claro que etanol e água são completamente miscíveis entre si, assim como o etanol e os outros componentes da gasolina (hidrocarbonetos). A chave para responder às duas partes do item **a** está em se considerar o etanol como uma substância formada por moléculas que apresentam uma parte apolar e outra parte em que há um grupamento polar (OH). Do ponto de vista das interações intermoleculares, a gasolina se apresenta como uma fase única, pois as substâncias que a compõem são constituídas de moléculas apolares que interagem com a parte apolar da molécula de etanol; e o etanol combustível também é um sistema homogêneo, pois a parte polar da molécula do etanol interage fortemente com as moléculas de água, por ligações de hidrogênio. A maior dificuldade dos candidatos foi considerar a questão da polaridade da molécula de etanol como um todo. Ao adotar essa estratégia, muitos que erraram o item, na primeira parte da resposta, consideraram o etanol uma molécula apolar, razão pela qual interage bem com os hidrocarbonetos da gasolina. No entanto, na segunda parte do item, consideraram o etanol uma molécula polar que interage com a água, uma molécula também polar. Isoladamente, considerar o etanol como polar não implica um erro, no entanto, considerá-lo em um momento como apolar e em outro como polar constitui uma inconsistência e leva a um erro. De um modo geral, os candidatos que erraram o item, na maioria das vezes cometeram esse tipo de equívoco. O item **b** pede que se desenhe um esquema que represente uma situação em que ocorre uma infiltração de água em um tanque de gasolina comercial, situação bastante frequente. Nesse caso, ocorre uma separação de fases, havendo uma fase aquosa com etanol que se posiciona na parte inferior do tanque e uma fase superior que contém principalmente os hidrocarbonetos da gasolina comercial. É importante notar que o texto já fornece elementos que devem compor a resposta: um frasco em que se colocam as diversas amostras coletadas do tanque e representações das moléculas de etanol, água e hidrocarbonetos (aspectos importantes no julgamento da pertinência ou não da resposta). Esse item nada mais é que uma versão modificada do teste que hoje se faz em postos de combustível para verificar a quantidade de álcool na gasolina e se esta se encontra adulterada ou não. Em geral os candidatos responderam ao item, mas nem sempre acertaram. As imprecisões no desenho prevaleceram nas respostas erradas. Muitos candidatos tomaram o desenho do frasco como sendo o tanque e mostraram, inclusive, o ponto de infiltração, sem atentarem para a miscibilidade ou não entre as substâncias. Houve casos em que os candidatos representaram as duas fases com uma separação vertical, evidenciando a infiltração e não a miscibilidade. Embora sejam de domínio geral, os valores de densidade não foram fornecidos; dessa forma, representar a fase aquosa na parte superior do frasco e a de hidrocarbonetos na inferior não foi considerado um erro, já que a essência da questão é a miscibilidade das substâncias. Boa parte dos candidatos errou a questão ao desenhar três fases distintas, estando o etanol entre duas delas, ligado à fase hidrocarbonetos pela parte apolar e a hidroxila ligada à água. A média na questão foi de 1,34 em 4,0 pontos possíveis e as pontuações nos itens foram semelhantes.

Questão 3

O glutamato monossódico (hidrogenoglutamato de sódio) utilizado para reforçar o aroma e o sabor de produtos alimentícios (umami) é um sal derivado do ácido glutâmico, um dos vinte aminoácidos essenciais. O nome sistemático desse aminoácido é ácido 2-aminopentanodioico. Ele pode ser descrito simplificadamente como ***"uma molécula formada por uma cadeia de cinco átomos de carbono com duas extremidades de grupos carboxílicos e um grupo amino ligado ao carbono adjacente a um dos grupos carboxílicos"*.**

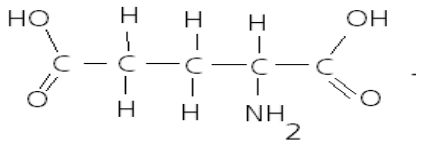
a) A partir da descrição acima, escreva a fórmula estrutural do ácido glutâmico.

b) Fazendo reagir o ácido glutâmico descrito acima com uma base, é possível preparar o hidrogenoglutamato de sódio. Escreva a equação química dessa reação de preparação do hidrogenoglutamato de sódio a partir do ácido glutâmico.

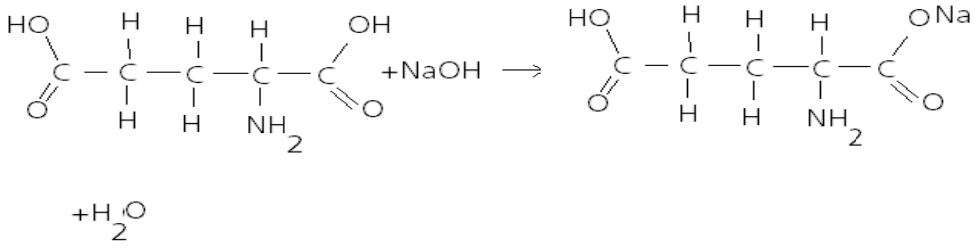
CIÊNCIAS DA NATUREZA

Resposta Esperada

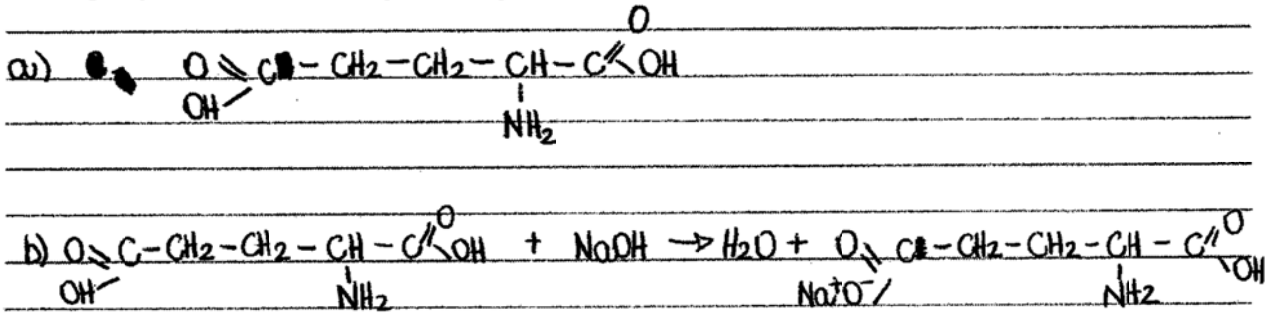
a) **(2 pontos)**



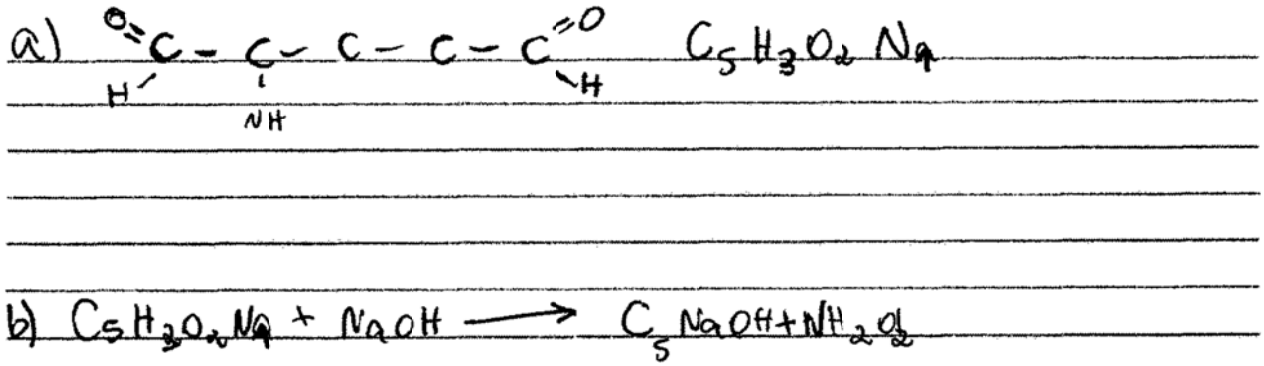
b) **(2 pontos)**



Exemplo Acima da Média



Exemplo Abaixo da Média



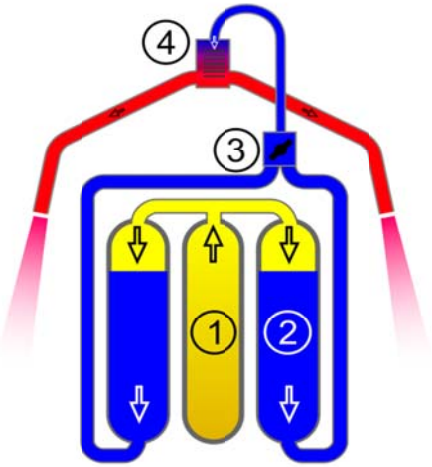
Comentários

A questão 3 explora conteúdos importantes de Química, mas não se insere na questão da CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. O item **a** explora conhecimentos de fórmula estrutural química e de grupos funcionais orgânicos. Deve-se ressaltar que o texto fornece pistas importantes para a resolução da questão, uma vez que descreve vários aspectos da molécula do ácido glutâmico. Para responder ao item **a**, além das informações dadas, resta saber o que é um grupo carboxílico e um grupo amina, e conhecer o significado da palavra *adjacente*. O texto contribui para a resolução do item ao fornecer o nome oficial da substância e ao dar uma descrição da molécula que a forma. Embora seja bem convencional nesse tipo de conteúdo, a questão valoriza o conhecimento da linguagem química, que é muito importante e deve ser dominada em seus detalhes

fundamentais, já que contém muitas informações. Os erros mais comuns dos candidatos ocorreram na representação do grupo amina, em que se colocavam grupamentos como NH_3 e NH_4, principalmente. Em relação ao grupo carboxílico os erros ocorreram em menor quantidade, o mesmo se observando em relação à cadeia carbônica. Em referência ao último caso, apareceram poucas ocorrências de representação de cadeias carbônicas fechadas. O item **b** exige conhecimentos sobre reação de neutralização ácido-base e no balanceamento da equação. Trata-se de uma equação química em que reagentes e produtos aparecem com o mesmo coeficiente estequiométrico, e igual a 1, o que é um facilitador. O item pede a reação de formação do hidrogenoglutamato de sódio, o que significa que apenas um grupo carboxílico é neutralizado. Para responder ao item **b**, também é necessário algum domínio da nomenclatura química, já que o produto formado tem apenas seu nome citado. Usualmente essa substância é denominada glutamamato monossódico, mas esse não é seu nome oficial. Os erros mais comuns foram balanceamentos inadequados da equação ou falta de algum reagente ou produto. O erro mais cometido foi a ausência de água como um dos produtos. Essa ausência é muito frequente em livros didáticos de ensino médio e também de ensino superior, no último caso, principalmente em livros de química orgânica. Dependendo do contexto em que essa ausência ocorre, é preciso deixar claro que a representação é um esquema ou figura e não uma equação química. Se o professor ou o livro texto adotam esse procedimento, é importante que sinalizem esse aspecto, de modo que os aprendizes possam entender todas as nuances dessa representação, já que a equação química é uma linguagem precisa e cheia de informações sobre o sistema químico. Muitos candidatos escreveram a equação química para a neutralização dos dois grupamentos ácidos, levando à formação do glutamato dissódico e não do hidrogenocarbonato. Esse tipo de resposta evidencia que o candidato domina a questão do balanceamento da equação e o conceito de neutralização, mas pode não dominar bem a nomenclatura. A nota média foi 2,0 em 4,0, mostrando que a questão foi de dificuldade média.

Questão 4

Na década de 1960, desenvolveu-se um foguete individual denominado "Bell Rocket Belt", que fez grande sucesso na abertura das Olimpíadas de 1984. Simplificadamente, esse foguete funciona à base da decomposição de peróxido de hidrogênio contido no compartimento 2, onde ele é estável. Abrindo-se a válvula 3, o peróxido de hidrogênio passa para o compartimento 4, onde há um catalisador. Nesse compartimento, o peróxido se decompõe muito rapidamente, de acordo com a equação abaixo:



$$H_2O_2(l) \rightarrow H_2O\ (g) + \frac{1}{2}\ O_2(g); \quad \Delta H = -54\ kJ\ mol^{-1}$$

Com base nessas informações, responda:

a) No funcionamento do dispositivo há liberação ou absorção de energia? Justifique.

b) Considerando a decomposição total de 68 quilogramas de peróxido de hidrogênio contidos no dispositivo, quantos metros cúbicos de gases são produzidos? Leve em conta que nas condições de uso do dispositivo o volume molar gasoso é de 0,075 $m^3\ mol^{-1}$.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

Há liberação de energia. Como mostra a equação termoquímica, a entalpia da reação tem sinal negativo, o que significa que é uma reação que libera energia (exotérmica).

b) **(2 pontos)**

$H_2O_2(l) \rightarrow H_2O\ (g) + \frac{1}{2}\ O_2(g)$

34 g → ([1,0+0,5] x 0,075 m^3)

68.000 g (68 kg) → V, então V= (68.000 x 1,5 x 0,075) / 34

<u>V = 225 m^3</u> – volume produzido de gases

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

(a) NO FUNCIONAMENTO OCORRE UMA LIBERAÇÃO DE ENERGIA, COMO INDICA O ΔH NEGATIVO.

(b) (I) $x' = \frac{68 \cdot 10^3 \cdot 18}{34} = 36 \cdot 10^3$ g H_2O (II) 1 mol — 18 g
x'' — $36 \cdot 10^3$ g

(III) $x'' = 2 \cdot 10^3$ mols de $H_2O_{(g)}$

(IV) 1 mol — $75 \cdot 10^{-3}$ m^3 logo: $x''' = 150$ m^3 de $H_2O_{(g)}$
$2 \cdot 10^3$ mols — x'''

(I) $y' = \frac{68 \cdot 10^3 \cdot 16}{34} = 32 \cdot 10^3$ g de O_2 (II) 1/2 mol — 16 g
y'' — $32 \cdot 10^3$ g

(III) $y'' = 10^3$ mols de O_2

(IV) 1 mol — $75 \cdot 10^3$ m^3 logo: $y''' = 75$ m^3 de O_2
10^3 mols — y'''

RESPOSTA: TOTAL DE 225 m^3 de GASES.

Exemplo Abaixo da Média

a) O dispositivo libera energia, pois para conseguir sair do chão o foguete precisa liberar a energia para ultrapassar a força peso.

b) $H_2O_2 \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2$
$1(2+32) \rightarrow 1(18) + 1/2(32)$
68 Kg → Kg
68 Kg gás

$\boxed{\text{R: } 76{,}5 \text{ m}^3 \text{ de gás liberado}}$

4
68
× 1,5
340
68 +
1020
× 0,075
5100
7140 +
0000 +
0000 +
076,500

Comentários

A questão 4 trata de alguns aspectos físico-químicos associados ao projeto de foguete de propulsão individual, um dispositivo concebido na década de 1960, utilizado até hoje, mas que não apresentou grande utilidade. O item **a** exige conhecimentos relativos à leitura de equação termoquímica, no que diz respeito à convenção de sinal da variação de entalpia da reação. Para sua resolução, é necessário saber que o sinal negativo que acompanha a variação de entalpia da reação de decomposição da água oxigenada significa que os produtos possuem um menor valor de entalpia que os reagentes e, dessa forma, a ocorrência da reação leva a uma liberação de entalpia (energia). Basta, portanto, que se conheça a convenção de sinal em termoquímica, já que todas as informações estão disponíveis no texto do item. Os candidatos responderam bem ao item **a,** observando-se a média mais elevada entre todos os itens da prova de Química. O item **b** aborda conteúdo de estequiometria envolvendo a liberação de gases. O cálculo relativo ao volume de gás depende diretamente da leitura correta das informações, já que a equação da reação de decomposição da água oxigenada é dada, assim como o volume molar dos gases e os estados físicos das substâncias reagentes e produtos. Na resolução, deve-se observar que os produtos são gasosos e que, portanto, a relação estequiométrica que se estabelece é entre a quantidade de peróxido de hidrogênio e o volume gasoso de água e oxigênio. Também vale a pena ressaltar que a massa de peróxido encerrada no dispositivo é fornecida em quilogramas, enquanto as relações estequiométricas geralmente são resolvidas com as massas em gramas. Essas são as duas maiores dificuldades na resolução do item. Os candidatos tiveram um pouco mais de dificuldade nesse item do que no item **a**; seu grau de dificuldade foi considerado médio. Os erros mais frequentes foram a não observância das unidades da massa a serem utilizadas no cálculo e não se levar em conta que havia dois gases sendo emitidos no funcionamento do dispositivo. Ambos os erros são conceituais e implicam grandes perdas na avaliação. Essa questão mostrou a maior média na prova de Química, 2,5 em 4,0 pontos possíveis, sendo que o desempenho dos candidatos foi melhor no item **a**.

Questão 5

Na reciclagem de embalagens de alumínio, usam-se apenas 5% da energia despendida na sua fabricação a partir do minério de bauxita. No entanto, não se deve esquecer a enorme quantidade de energia envolvida nessa fabricação ($3{,}6 \times 10^6$ joules por latinha), além do fato de que a bauxita contém (em média) 55% de óxido de alumínio (alumina) e 45% de resíduos sólidos.

a) Considerando que em 2010 o Brasil produziu 32×10^6 toneladas de alumínio metálico a partir da bauxita, calcule quantas toneladas de resíduos sólidos foram geradas nesse período por essa atividade.

b) Calcule o número de banhos que poderiam ser tomados com a energia necessária para produzir apenas uma latinha de alumínio, estimando em 10 minutos o tempo de duração do banho, em um chuveiro cuja potência é de 3.000 W. Dado: $W = J\ s^{-1}$.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

Levando-se em conta o óxido de alumínio,

Al_2O_3	→	2Al	+ 3/2 O_2	
(2x27)+(3x16) g (**102 g**)	→	2x27 g (**54 g**)		
Massa de óxido em 2010	→	**32×10^6** toneladas		**M óxido = $60{,}4 \times 10^6$ toneladas**
M óxido ($60{,}4 \times 10^6$) toneladas	→	55 %		
M resíduos	→	45 %		**M resíduos = $49{,}5 \times 10^6$ toneladas**

b) **(2 pontos)**

Consumo de energia em 1 banho = 3.000 W x (10 x 60) s = **$1{,}8 \times 10^6$ joules**.

1 banho → $1{,}8 \times 10^6$ joules

X banhos → $3{,}6 \times 10^6$ joules

X= 2 banhos

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a)

$2Al_2O_{3(s)} \rightarrow 4Al_{(s)} + 3O_{2(g)}$

Pela equação, temos:

X toneladas de Al_2O_3 = 32×10^6 t de Al

2×102 g de Al_2O_3 — 4×27 g de Al

$X = \frac{102 \cdot 16 \cdot 10^6}{27}$ toneladas de Al_2O_3

y = qtde de MINÉRIO

$\frac{102 \times 16 \times 10^6}{27} = \frac{y \cdot 55}{100}$

$y = \frac{100 \times 102 \times 16 \times 10^6}{27 \cdot 55}$ toneladas de MINÉRIO

$\frac{45}{100} \cdot \frac{100 \times 102 \times 16 \times 10^6}{27 \cdot 55}$ = qtde de resíduos sólidos =

$\cong 51 \times 10^6$ toneladas de resíduos sólidos

Resposta: Nesse período foram gerados 51×10^6 toneladas de resíduos sólidos

b) $P(W) = \frac{E(J)}{t(s)}$

$3000 = \frac{E}{10 \cdot 60} \rightarrow$ $E = 18 \times 10^5$ J / banho

36×10^5 J — n banhos

18×10^5 J — 1 banho

n = 2 banhos

Resposta: Poderiam ser tomados com a energia necessária para produzir uma latinha, 2 banhos.

Exemplo Abaixo da Média

~~a) $32 \cdot 10^6$ — 55%~~

~~X — 100%~~

~~$X = \frac{32 \cdot 10^6}{55}$~~

~~$X = 6 \cdot 10^7$ toneladas~~

a) $32 \cdot 10^6$ — 100%

X — 45%

$X = \frac{32 \cdot 10^6 \cdot 45}{100}$

$X = 1440 \cdot 10^4$ Kg

b) 10 min — 600 s

1 s — 3000 J

60 — X = 180000 J

1 banho de 10 min = 180000 J

1 — 180000

X — $3,6 \cdot 10^6$

$X = \frac{3,6 \cdot 10^6}{1,8 \cdot 10^5}$ = 20 banhos

Comentários

A questão 5 trata de um assunto ambiental importante do ponto de vista global e estratégico do ponto de vista brasileiro. Deve merecer destaque dos professores nas aulas do ensino médio, uma vez que aspectos políticos, econômicos e ambientais estão envolvidos. O texto da questão aponta o caráter multifacetado do assunto, ao mostrar aspectos energéticos e ambientais associados à produção do alumínio. A questão política envolvida pode ser consultada nas redes sociais e na internet, se o Professor desejar uma discussão interdisciplinar. O item **a** solicita a quantidade total de resíduos gerados diretamente na produção brasileira de alumínio em 2010. O enunciado da questão dá parte da informação necessária à resolução do item e o texto do item, a outra parte. No entanto, deve-se tomar cuidado com essas informações: o item informa quanto se produziu de alumínio, mas essa quantidade de alumínio veio da bauxita, portanto não se pode estabelecer uma relação direta entre a quantidade de alumínio indicada no texto e a quantidade de resíduos sólidos gerados. Primeiramente é preciso determinar quanto de bauxita foi necessário para se produzir a quantidade de 32×10^6 toneladas de alumínio metálico, para só depois estabelecer uma relação entre essa quantidade e a geração de resíduos. Sem considerar esse aspecto do cálculo na resolução do item, qualquer resposta torna-se errada. Os candidatos tiveram bastante dificuldade nesse item, tanto que foi o que apresentou a menor média da prova de Química. A grande maioria errou ao estabelecer uma relação direta entre a massa de alumínio metálico produzido e a quantidade de resíduos sólidos gerados. Atestou-se alguma dificuldade nos cálculos, que envolvem valores grandes de massa além do fato de essas quantidades serem fornecidas em toneladas. No entanto, a dificuldade maior dos candidatos foi não observar que era impossível estabelecer uma relação direta entre alumínio e resíduos, sem passar pela bauxita. O item **b** é mais fácil que o item **a,** uma vez que uma relação direta se estabelece entre as grandezas fornecidas e a grandeza solicitada. Observa-se que, para a resolução do item, o texto indica a relação entre energia e potência, explicitando a relação entre watt e joule. Cuidado maior é exigido na questão do tempo, já que o item fala em banho de 10 minutos e o tempo no Sistema Internacional é dado em segundos. Fora isso, a resolução se limita à correlação entre a energia de um banho e a energia na obtenção de uma latinha de alumínio. Os candidatos foram muito bem nesse item, que teve a média mais elevada na prova de Química. Há uma diferença entre os dois itens em termos da avaliação visada: um deles exige um conhecimento químico que estabelece uma relação entre massas molares (item **a**) e o outro não (item **b**). Em ambos os itens, dados numéricos relevantes são fornecidos no enunciado da questão. Por outro lado, o item **a** exige a distinção entre bauxita e alumina, o que talvez tenha precipitado a resposta dos candidatos, já que a maioria dos que erraram usou o valor de 55%, relativo à alumina, como sendo do alumínio. A nota média na questão foi 1,5 em 4,0 pontos possíveis, sendo que esse valor teve uma fortíssima contribuição da nota do item **a**.

Questão 6

Um efluente industrial contaminado por Cr^{6+} recebe um tratamento químico que consiste na sua acidificação e na adição de ferro metálico. O ferro metálico e o ácido reagem entre si, dando origem ao íon Fe^{2+}. Este, por sua vez, reage com o Cr^{6+}, levando à formação dos íons Fe^{3+} e Cr^{3+}. Depois desse passo do tratamento, o pH do efluente é aumentado por adição de uma base, o que leva à formação dos correspondentes hidróxidos pouco solúveis dos íons metálicos presentes. Os hidróxidos sólidos formados podem, assim, ser removidos da água.

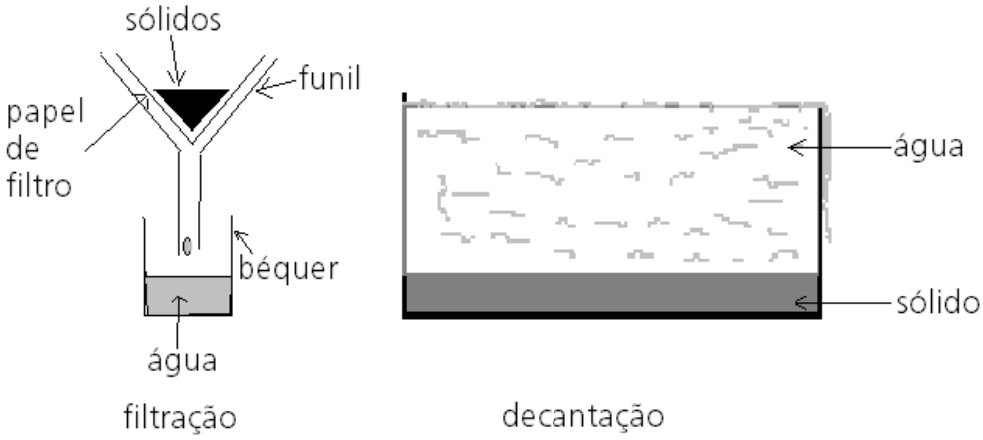
a) Em relação ao tratamento químico completo do efluente industrial acima descrito, dê um exemplo de reação em que não houve transferência de elétrons e um exemplo de reação em que houve transferência de elétrons.

b) O resíduo sólido obtido ao final do processo de tratamento químico pode ser separado da água por decantação ou por filtração. Desenhe dois esquemas para representar essas técnicas, incluindo possíveis legendas.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
Sem transferência de elétrons: reação de formação do hidróxido de Fe^{3+} ou do hidróxido de Cr^{3+}.
Com transferência: reação entre o ferro metálico e o ácido, ou a reação entre o íon Cr^{6+} e o íon Fe^{2+}.

b) **(2 pontos)**



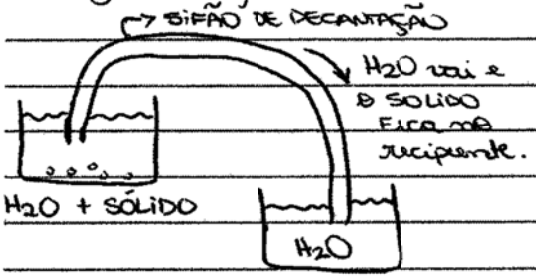
Exemplo Acima da Média

a) Uma reação em que não houve transferência de elétrons foi a adição da base para a formação dos hidróxidos.

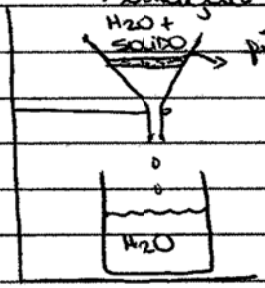
Uma reação em que houve transferência de elétrons foi a reação entre o ferro metálico e o ácido, que originou o íon Fe^{2+}.

b)

Decantação:



Filtração:



Coloca-se H_2O e o solido no recipiente com o filtro. Assim, o solido fica retido e a água passa.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Abaixo da Média

a). Cr^{6+} reação $Cr^{6+} + Fe^{2+}$ ⇒ houve transferência de elétrons, pois o Cr possui 6 elétrons na camada de valência, e para ficar estável (8) precisaria fazer uma ligação com o ferro, que possui 2 elétrons = 6 + 2 = 8

Fe^{2+}

reação Fe^{3+} Cr^{3+}

↓

Não houve transferência de elétrons, os dois elementos não fazem ligações (família dos metais) e continuam metais.

se ligam entre si

b).

Comentários

A questão 6 retoma o tema CSTA – Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente – ao cobrar conhecimento químico relativo à poluição por metais pesados, a que não escapam nem os ambientes das grandes cidades, como Campinas (http://www.estadao.com.br/arquivo/cidades/2002/not20020430p16999.htm). A questão trata da contaminação do solo e do lençol freático por íons Cr^{6+}, o que pode ser remediado por adição de ferro metálico. Esse tipo de contaminação ocorre no mundo todo e foi muito bem explorado no filme *Erin Brockovich*, de 2000, que vale a pena ser utilizado nas escolas como forma de discussão. O item **a** cobra conhecimentos sobre reações de oxidação e redução, um tipo de reação química que é a essência do tratamento proposto para a remediação de um efluente industrial. O texto dá informações relevantes sobre o processo químico que ocorre, ao apontar as transformações que as espécies químicas sofrem. Para a resolução do item é necessário saber o que é uma reação com transferência de elétrons, ou sem transferência, e de que forma ambas são representadas na linguagem química. É importante notar que o item não pede que se indiquem as reações a partir de equações químicas, mas apenas que elas sejam descritas. Também não se pede que o candidato justifique as escolhas, mas somente que as aponte. De certa forma, essa pouca exigência torna o item **a** fácil, já que se relatam apenas três reações químicas, das quais é necessário escolher duas. O assunto em questão é bem elementar no que se refere ao conteúdo químico em que se insere e não exige qualquer raciocínio extra, a não ser o conhecimento prévio do tema. O desempenho dos candidatos nesse item foi acima do valor médio do item e o erro mais frequente foi não descrever corretamente a reação escolhida, muitas vezes ocorrendo como resposta a frase: "a reação em que houve troca de elétrons foi a reação do ferro", sem precisar qual forma do ferro, o íon ou o metal, e qual o reagente. O item **b** cobra um assunto bem elementar envolvendo métodos de separação entre fases sólidas e líquidas, mas que é muito importante em processos de descontaminação de águas residuais. Na escola, esse assunto é visto já no nível fundamental, de forma que não pode ser considerado difícil. O que há de diferente nesse item é que se pede um esquema de separação usando a decantação e a filtração. Para a decantação, é importante mostrar a posição das duas fases a serem separadas, e deixar claro que a fase sólida se encontra na parte inferior do dispositivo, caso contrário o processo teria outro nome. No caso da filtração, é importante que se mostre o elemento filtrante e que as duas fases apareçam em lados opostos desse elemento. Deve-se observar que o item **b** pede esquemas gerais de decantação e filtração, no entanto, a premissa de que esses esquemas devam separar os hidróxidos de Cr^{3+} e de Fe^{3+} produzidos tem que estar garantida. O erro mais comum dos candidatos deveu-se à falta de clareza nos desenho: muitas vezes o elemento filtrante era uma peneira, outras vezes o sólido ocupava a parte superior do dispositivo de decantação, ou se representava um funil (suporte) na filtração mas não se colocava o elemento filtrante. Essa questão teve uma média bem elevada em relação às outras questões: 2,3 em 4,0 pontos possíveis, sendo que no item **b** o desempenho dos candidatos foi ligeiramente melhor.

Questão 7

"Pegada de carbono", do Inglês *carbon footprint*, é a massa de gases do efeito estufa emitida por uma determinada atividade. Ela pode ser calculada para uma pessoa, uma fábrica, um país ou qualquer dispositivo, considerando-se qualquer intervalo de tempo. Esse cálculo, no entanto, é bem complexo e requer informações muito detalhadas. Por isso, no lugar da pegada de carbono, utiliza-se o fator de emissão de CO_2, que é definido como a massa emitida de CO_2 por atividade. Uma pessoa, por exemplo, tem um fator de emissão de cerca de 800 gramas de CO_2 por dia, catabolizando açúcar $(CH_2O)_n$ e gordura $(CH_2)_n$.

a) Tomando por base os dois "combustíveis humanos" citados (açúcar e gordura), qual deles teria maior fator de emissão de CO_2, considerando-se uma mesma massa consumida? Justifique.

b) Uma pessoa utiliza diariamente, em média, 150 gramas de gás butano (C_4H_{10}) cozinhando alimentos. O fator de emissão de CO_2 relativo a esse cozimento é maior, menor ou igual ao da catabolização diária do ser humano indicada no texto? Justifique.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ $\qquad$ $2\ CH_2 + 3\ O_2 \rightarrow 2\ CO_2 + 2\ H_2O$

30 g → 44 g $\qquad$ 28 g → 88 g

30 g → X ⇒ **X = ~ 94 gramas**

Portanto, para uma mesma massa de combustíveis (30 g), a gordura tem maior fator de emissão de CO_2 (94 g contra 44 g emitidos pelo açúcar).

b) **(2 pontos)**

$2\ C_4H_{10} + 13\ O_2 \rightarrow 8\ CO_2 + 10\ H_2O$

116 g → 352 g

150 g → X

X = 455 g

Portanto, o cozimento tem menor fator de emissão de CO_2 **(455 g)** que o catabolismo humano **(800 g)**.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) $CH_2O + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

$CH_2 + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$. ∴ 1 mol de cada "combustível" origina 1 mol de CO_2.

massa $CH_2O = 30g$
massa $CH_2 = 14g$

R: Se 14g de CH_2 gera 44g de CO_2, enquanto 30g de CH_2O gera a mesma quantidade de CO_2 presume-se que o CH_2 produz mais CO_2 por grama que o CH_2O, por isso, se fosse utilizada a mesma massa para ambos, o CH_2 produziria mais CO_2 que o CH_2O.

b) massa molar C_4H_{10} : 58g/mol
massa molar CO_2 : 44g/mol

$C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$
1 : 4

58g — 4·44 g
150g — x

$x = \frac{150 \cdot 176}{58} = \boxed{455,17\ g} < 800g$

R: O fator de emissão de cozimento é menor que o da catabolização.
455,17g < 800g.

Exemplo Abaixo da Média

a) Tomando como base os dois "combustíveis", o açúcar teria maior fator de emissão de CO_2, porque em sua decomposição ele possui sozinho os elementos necessários para a formação do carbono, enquanto a gordura precisaria reagir com outras substâncias.

b) O fator de emissão desse gás (C_4H_{10}) é maior que a catabolização diária do ser humano.

Comentários

A questão 7, como várias outras anteriores, toca em um ponto importante relativo a problemas ambientais, geralmente associados à atividade humana. Uma forma bem atual de se estudar os impactos das atividades humanas na poluição ambiental, mais especificamente no ambiente atmosférico, é o uso da pegada de carbono. A pegada de carbono nada mais é que a quantificação da emissão de gases do efeito estufa relativa a uma atividade qualquer, mas, embora simples na sua concepção, é de difícil determinação. Por conta disso, a questão 7 toma como objeto a emissão de gás carbônico. O item **a** considera a emissão desse gás no próprio ato de viver; o ponto fundamental é determinar qual "combustível humano", açúcar ou gordura, apresenta maior fator de emissão por massa consumida. Para resolver o item, é necessário escrever a equação química de combustão desses dois combustíveis e então determinar a quantidade de gás emitido por massa de cada um deles. A resolução, que não é difícil, é um cálculo estequiométrico envolvendo massa e mol. A chave é considerar uma mesma massa dessas substâncias, escolhendo, por exemplo, a massa molar de um deles para facilitar a resposta ou então fixar a quantidade de gás carbônico e observar em qual caso será necessária uma menor massa de combustível (gordura). É importante observar que a resolução pelo segundo caminho leva, necessariamente, ao

menor valor de massa e essa evidência de "menor" massa pode confundir um pouco no momento de decidir qual "combustível" tem "maior" fator de emissão. Repare que as palavras são antagônicas. De um modo geral os candidatos tiveram muita dificuldade nesse item, embora não fosse necessário nem mesmo fazer os balanceamentos das equações de combustão, bastando verificar que cada mol de "combustível" queimado libera 1 mol de gás carbônico. Os erros mais comuns se deveram à dificuldade de os candidatos entenderem que não precisavam de uma fórmula molecular do açúcar ou da gordura, mas apenas de seus fragmentos representativos – como se estivessem exercitando cálculo estequiométrico com as fórmulas mínimas. O item **b** pede uma comparação entre o fator de emissão humana diário e aquele devido ao preparo de alimentos, para um consumo diário de 150 gramas de gás butano (botijão). Nesse caso, é preciso determinar apenas a emissão de gás carbônico devida ao preparo de alimentos, uma vez que o fator de emissão humana já é fornecido (800 g por dia). Trata-se de escrever a equação química da combustão, mas não é necessário um balanceamento completo da equação, bastando verificar somente a estequiometria entre os gases butano e carbônico. Os candidatos saíram-se melhor nesse item do que no item **a**, mas, mesmo assim, a média no item não foi elevada. A maior fonte de erros foi a não observação da estequiometria butano/CO_2 e também foram comuns erros no cálculo da massa molar do butano. Deve-se observar que o fornecimento da fórmula molecular do butano facilita a resposta ao item. Se ao invés da fórmula molecular fosse apenas dado o nome da substância, o item se tornaria bem mais difícil. Em sala de aula, essa questão não pode ser olhada apenas sob a ótica da estequiometria, mas sim dos impactos ambientais que a atividade humana provoca, mesmo o simples ato de viver. Esse tipo de informação vem sendo utilizado inclusive por bandas de rock famosas, que têm utilizado o fator de emissão de CO_2 para "comprar" créditos de carbono relativos a cada show, por exemplo. A propósito, procure fazer uma busca na internet com a ferramenta "carbon credits and rock band". A média de 1,1 em 4,0 pontos possíveis mostra que os candidatos tiveram bastante dificuldade nessa questão, que apresentou a segunda pior nota da prova de Química.

Questão 8

A maturação e o amaciamento da carne bovina podem ser conseguidos pela adição de uma solução de cloreto de cálcio di-hidratado na concentração de 0,18 mol por litro. Obtém-se um melhor resultado injetando-se 50 mililitros dessa solução em 1 quilograma de carne. Concentrações mais elevadas de cloreto de cálcio interferem no sabor e na textura da carne, comprometendo sua qualidade.

a) Considerando o enunciado acima, que massa de cloreto de cálcio di-hidratado seria necessária para se obter o melhor resultado da maturação de 1 kg de carne bovina?

b) Sabendo-se que o íon cálcio é quem ativa o sistema enzimático responsável pelo amaciamento da carne, caso o cloreto de cálcio di-hidratado fosse substituído por cloreto de cálcio anidro, na mesma concentração (mol/L), o resultado obtido no processo seria o mesmo? Responda **sim** ou **não** e justifique sua resposta levando em conta apenas o aspecto estequiométrico dessa substituição.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
O sal utilizado é o $CaCl_2.2H_2O$, cuja massa molar é (40+ 2x35,5 + 2.18) = 147 g mol^{-1}.

Como a concentração C = n / V, então n = C x V= 0,18 mol L^{-1} x 0,05 L, então **n= 0,009 mol**.

Portanto, será necessária uma massa de $CaCl_2.2H_2O$= 0,009 mol x 147 g mol^{-1} : **m = 1,323 gramas**.

b) **(2 pontos)**
O sal hidratado tem a fórmula $CaCl_2.2H_2O$ e o sal anidro $CaCl_2$. Como o texto informa que as concentrações de ambas as soluções em mol L^{-1} são iguais, e como as substâncias guardam a mesma proporção estequiométrica de **1 mol substância : 1 mol de íon Ca^{2+}**, então ambas as soluções contêm a mesma concentração de Ca^{2+} e portanto o resultado da maturação seria o mesmo.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) Se a solução é de 0,18 mols/L e sendo a massa molar do cloreto de cálcio di-hidratado 147g/mol

$\frac{147g}{mol} \cdot \frac{0,18\,mol}{L} \cdot 0,05L =$ RESPOSTA: 1,323g

b) Sim, já que a quantidade de íons cálcio seria a mesma nessa nova solução, mantendo-se a mesma molaridade da solução anterior e não sendo modificado o número de íons cálcio por mol.

Exemplo Abaixo da Média

a) 0,18 — 1000 ml
x — 50 ml

$\frac{9}{1000} = 0,009$ mol

massa do cloreto de calcio di-hidratado = 112 g/mol

112
0,009
1,008

1 grama de cloreto de calcio di-hidratado

b) Não, pois seria necessário o dobro de cloreto de cálcio anidro para ter o mesmo efeito, tendo em vista que este apresenta apenas um átomo de calcio em sua composição e o di-hidratado apresenta 2, ou seja o di-hidratado possui melhor efeito.

Comentários

A questão 8 traz para a discussão aspectos relativos à concentração de soluções, tomando como ponto de partida a questão da maturação da carne bovina por adição de solução de cloreto de cálcio. Trata-se de uma prática bastante comum nesse tipo de preparação. Há inúmeros artigos acadêmicos relatando investigações para se obter as melhores condições para a preparação do produto desejado. As quantidades dadas no texto são as mais utilizados e por isso mesmo foram indicadas. O item **a** pede que se determine a quantidade em massa de cloreto de cálcio di-hidratado necessária para maturar e amaciar 1 quilograma de carne bovina. A questão traz informações sobre a quantidade em volume de solução de cloreto de cálcio e sua respectiva concentração em mol, exatamente para 1 quilograma de carne. Dessa forma, para resolver o item é necessário calcular a quantidade em mol que está contida nos 50 mL e depois calcular a massa de cloreto de cálcio di-hidratado correspondente a essa quantidade em mol. A maior dificuldade dos candidatos nesse item foi relativa ao cálculo da massa molar do $CaCl_2.2H_2O$. Parece que esses candidatos não dominam a linguagem química concernente, já que boa parte entende que, na representação, o ponto entre o $CaCl_2$ e a H_2O corresponde a uma multiplicação e

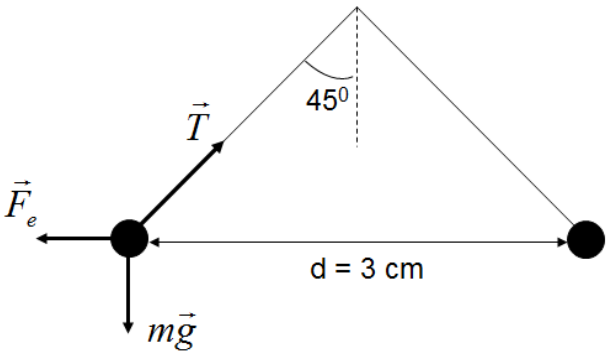
não a uma soma. Dessa forma, uma massa molar que deveria ser de 147 g mol^{-1} se transforma em 3.996 g mol^{-1}. Alguns candidatos começaram a responder ao item **a**, fizeram o cálculo inicial da quantidade em mol de cloreto de cálcio presente em 50 mL e pararam por aí, evidenciando que não entenderam completamente o que se pedia no item ou não sabiam dar continuidade ao cálculo. O item **b** solicitava a quantidade em mol de cálcio presente no cloreto de cálcio di-hidratado e no anidro, considerando-se a mesma quantidade em mol para os dois sais. A chave para a resposta passa necessariamente por escrever a fórmula das duas substâncias e verificar que ambas guardam a mesma relação estequiométrica com o íon cálcio: 1 mol de cloreto de cálcio di-hidratado ($CaCl_2.2H_2O$) contém 1 mol de íons Ca^{2+}; a mesma relação vale para o cloreto de cálcio anidro – 1 mol de cloreto de cálcio anidro ($CaCl_2$) contém 1 mol de íons Ca^{2+}. Muitos candidatos erraram porque tentaram responder sem tomar como base as fórmulas das substâncias. Simplesmente responderam que não, por se tratar de substâncias diferentes, ignorando a orientação da questão de que a resposta deveria levar em conta somente o aspecto estequiométrico. De alguma forma, esse tipo de resposta evidencia que muitos candidatos não têm tempo suficiente para uma leitura mais apropriada da questão ou então que não desenvolveram o hábito da leitura atenta no ensino médio. A nota média nessa questão foi 0,9 em 4,0 pontos possíveis, a média mais baixa da prova de Química, mas o índice de respostas em branco também foi muito alto, ou seja, muitos candidatos nem sequer tentaram responder à questão.

Questão 9

Em 2012 foi comemorado o centenário da descoberta dos raios cósmicos, que são partículas provenientes do espaço.

a) Os neutrinos são partículas que atingem a Terra, provenientes em sua maioria do Sol. Sabendo-se que a distância do Sol à Terra é igual a $1{,}5 \times 10^{11}$ m, e considerando a velocidade dos neutrinos igual a $3{,}0 \times 10^{8}$ m/s, calcule o tempo de viagem de um neutrino solar até a Terra.

b) As partículas ionizam o ar e um instrumento usado para medir esta ionização é o eletroscópio. Ele consiste em duas hastes metálicas que se repelem quando carregadas. De forma simplificada, as hastes podem ser tratadas como dois pêndulos simples de mesma massa m e mesma carga q localizadas nas suas extremidades. O módulo da força elétrica entre as cargas é dado por $F_e = k\dfrac{q^2}{d^2}$, sendo $k = 9 \times 10^9$ N m^2/C^2. Para a situação ilustrada na figura abaixo, qual é a carga q, se $m = 0{,}004$ g?



Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$t_{\text{Terra-Sol}} = \frac{d_{\text{Terra-Sol}}}{v_{\text{neutrino}}} = \frac{1{,}5 \times 10^{11}\ \text{m}}{3{,}0 \times 10^{8}\ \text{m/s}} = 500\ \text{s}$$

b) **(2 pontos)**

Para a situação da figura:

$$F_e = T \text{ sen } 45^\circ$$
$$P = T \cos 45^\circ$$
$$\therefore \quad F_e = P$$
$$k\frac{q^2}{d^2} = mg$$

$$q = \sqrt{\frac{mg}{k}}\, d = \sqrt{\frac{4\times10^{-6}\text{kg} \times 10 \text{ m/s}^2}{9\times10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2}}\; 3\times10^{-2} \text{ m} = 2\times10^{-9} \text{ C}$$

Exemplo Acima da Média

a) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

$3\times10^8 = \frac{1{,}5\,10^{11}}{\Delta t}$

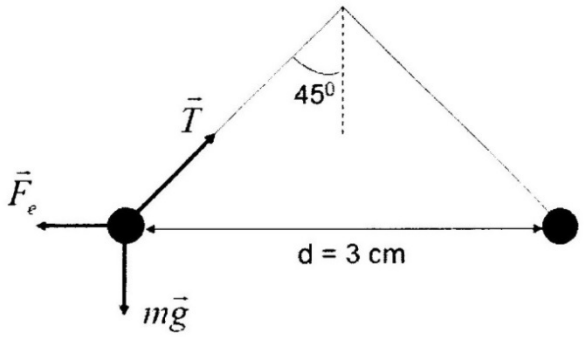
$\boxed{\Delta t = 5\times10^2 \text{ s}}$

b) $P = F_e$

$mg = \frac{kq^2}{d^2}$

$0{,}004 \cdot 10 = \frac{9.10^9 \cdot q^2}{(3.10^{-2})^2}$

$\boxed{q = 2.10^{-8}\sqrt{10}\ \text{C}}$



O candidato resolve corretamente o item **a**. No item **b**, equaciona corretamente o equilíbrio de forças, mas usa a massa em gramas, o que leva a uma resposta final errada.

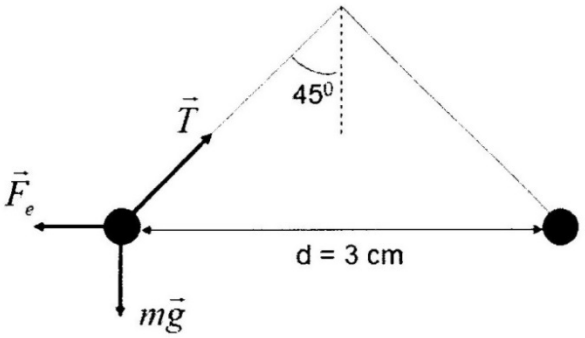
Exemplo Abaixo da Média

a) $\Delta S = \frac{\Delta V}{\Delta t}$

$1,5 \times 10^{11} = \frac{3,0 \times 10^{8}}{\Delta t}$

$\Delta t = 4,5 \times 10^{3}\,s \Rightarrow$ ~~$\Delta t = 0,004\,s$~~, $\Delta t = 4500\,s$.

R: Um neutrino leva ~~0,004 s~~ 75 minutos para chegar até a terra.



b) $F_e = k \cdot \frac{q^2}{d^2}$

$F_e = 9 \times 10^{9} \cdot \frac{0,004^2}{0,003^2}$

$F_e = 9 \times 10^{9} \cdot \frac{0,0016}{0,009}$

$F_e = 9 \times 10^{9} \cdot 1,7 \times 10^{-6}$

$F_e = 15,3 \times 10^{3}\,N$

No item **a**, o candidato usa uma relação errada para a velocidade média. No item **b**, o equilíbrio de forças não é analisado. O candidato limita-se a usar a expressão fornecida para a força eletrostática e substitui o valor da massa no lugar da carga elétrica.

Comentários

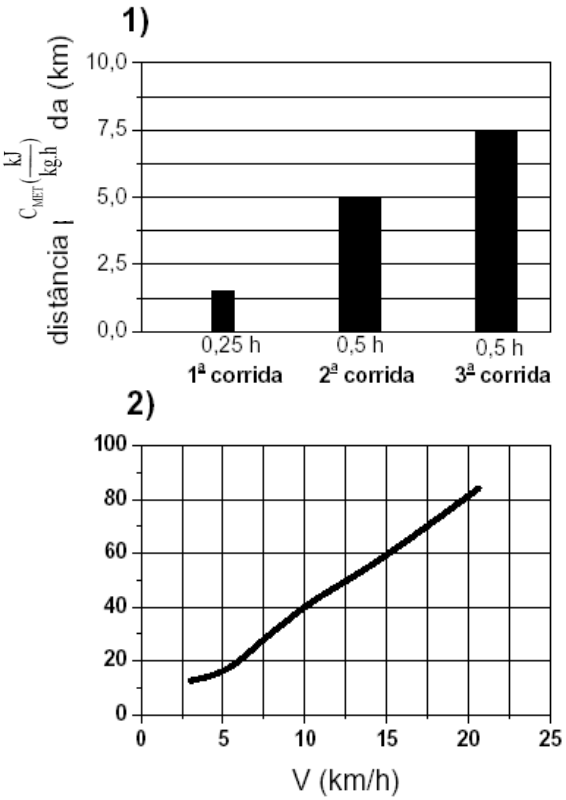
A questão 9 aborda, no item **a**, o conceito de velocidade no movimento retilíneo e uniforme. No item **b**, o candidato deve usar a condição de equilíbrio estático de uma partícula, fazendo para isto a devida decomposição de forças no plano.

Questão 10

Alguns tênis esportivos modernos possuem um sensor na sola que permite o monitoramento do desempenho do usuário durante as corridas. O monitoramento pode ser feito através de relógios ou telefones celulares que recebem as informações do sensor durante os exercícios. Considere um atleta de massa $m = 70\ \text{kg}$ que usa um tênis com sensor durante uma série de três corridas.

a) O gráfico 1) abaixo mostra a distância percorrida pelo atleta e a duração em horas das três corridas realizadas em velocidades constantes distintas. Considere que, para essa série de corridas, o consumo de energia do corredor pode ser aproximado por $E = C_{\text{MET}}\, m\, t$, onde m é a massa do corredor, t é a duração da corrida e C_{MET} é uma constante que depende da velocidade do corredor e é expressa em unidade de $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{h}}\right)$. Usando o gráfico 2) abaixo, que expressa C_{MET} em função da velocidade do corredor, calcule a quantidade de energia que o atleta gastou na terceira corrida.

b) O sensor detecta o contato da sola do tênis com o solo pela variação da pressão. Estime a área de contato entre o tênis e o solo e calcule a pressão aplicada no solo quando o atleta está em repouso e apoiado sobre um único pé.



Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$v = \frac{d}{t} = \frac{7{,}5 \text{ km}}{0{,}5 \text{ h}} = 15 \text{ km/h}$$

$$C_{met}\left(v = 15 \text{ km/h}\right) = 60 \text{ kJ/kg} \cdot \text{h}$$

$$E = C_{met}\ m\ t = 60 \text{ kJ/kg} \cdot \text{h} \times 70 \text{ kg} \times 0{,}5 \text{ h} = 2100 \text{ kJ}$$

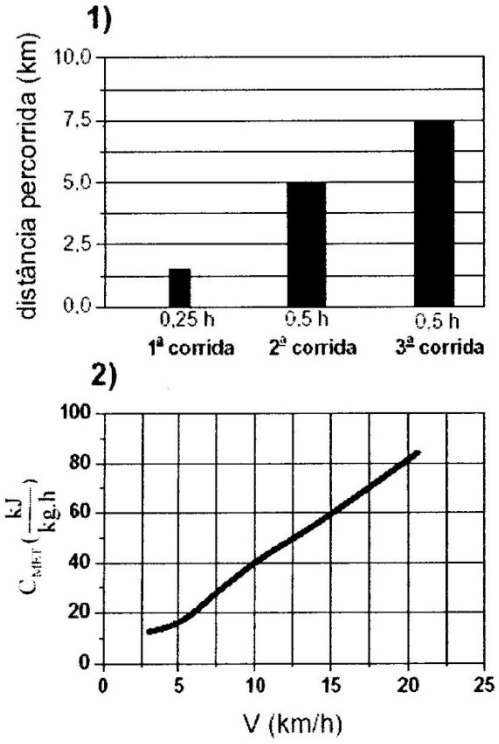
b) **(2 pontos)**

$$A_{pé} \approx 200 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{70 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2}{2 \times 10^{-2} \text{ m}^2} = 3{,}5 \times 10^4 \text{ Pa}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

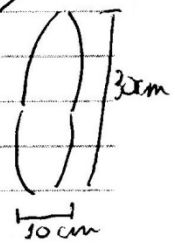


A) Na 3ª corrida, o atleta percorreu 7,5 km em 0,5 h, ∴ v = 15 km/h. Por 2), para 15 km/h, C_{MET} = 60 kJ kg^{-1} h^{-1}.

$E = C_{met} . m . t \Leftrightarrow E = 60 . 70 . 0,5 \Leftrightarrow$
$E = 2100$ kJ

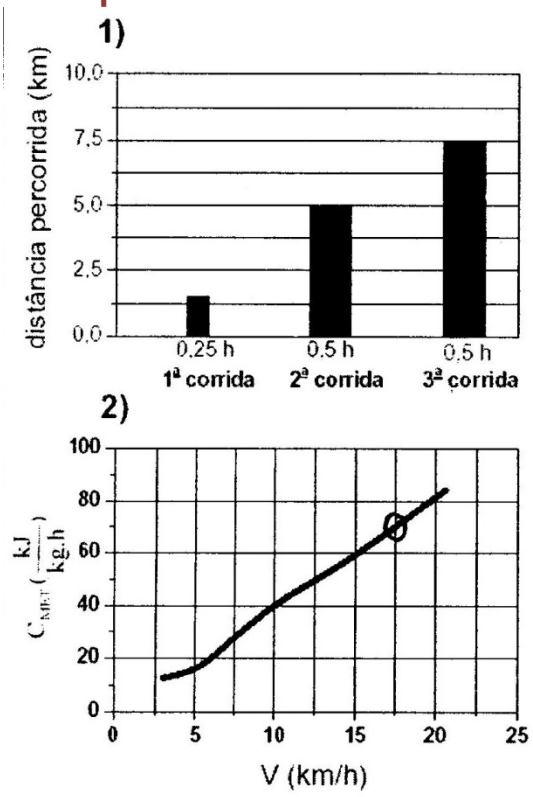
B) $P_r = \frac{F}{A} \Leftrightarrow P_r = \frac{m . g}{A} \Leftrightarrow$

$P_r = \frac{70 . 10}{0,3 . 0,1} \Leftrightarrow P_r \cong 2,3 \frac{N}{m^3}$



O candidato acerta o item **a**. No item **b**, estima corretamente a área de contato, mas erra na conta e na unidade de pressão.

Exemplo Abaixo da Média



a) $E = C_{met} . m . t$
$E = 70 . 70 . 0,5$
$\boxed{E = 2450 J}$

$V = \Delta S / \Delta t$
$V = 7,5 / 0,5$
$V = 15$ km/h
↳ 3ª corrida

pelo gráfico 2, determinamos que para 15 km/h a C_{met} é 70 kJ/kgh

b) $p = F/a$ $\quad \tau = F . d$
$F = \tau / d$

No item **a**, o candidato encontra a velocidade do atleta, mas lê erroneamente o valor de C_{met} no gráfico. Além disso, expressa o consumo de energia em J em vez de kJ, que seria a unidade apropriada para os dados utilizados. Embora o candidato apresente, no item **b**, a relação entre força, pressão e área, não estima a área de contato entre o tênis e o solo.

Comentários

A questão 10 envolve dupla leitura de gráficos, além do uso de um dos dados lidos em uma expressão fornecida para o consumo de energia do atleta. No item **b**, o candidato deve estimar a área de contato do tênis com o solo. Para isso, deve fazer uso das dimensões típicas de um calçado. Finalmente, deve demonstrar conhecer a relação entre força, pressão e área para chegar à resposta final.

Questão 11

As nuvens são formadas por gotículas de água que são facilmente arrastadas pelo vento. Em determinadas situações, várias gotículas se juntam para formar uma gota maior, que cai, produzindo a chuva. De forma simplificada, a queda da gota ocorre quando a força gravitacional que age sobre ela fica maior que a força do vento ascendente. A densidade da água é $\rho_{\text{água}} = 1{,}0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

a) O módulo da força, que é vertical e para cima, que certo vento aplica sobre uma gota esférica de raio r pode ser aproximado por $F_{\text{vento}} = b\,r$, com $b = 1{,}6 \times 10^{-3} \text{ N/m}$. Calcule o raio mínimo da gota para que ela comece a cair.

b) O volume de chuva e a velocidade com que as gotas atingem o solo são fatores importantes na erosão. O volume é usualmente expresso pelo índice pluviométrico, que corresponde à altura do nível da água da chuva acumulada em um recipiente aberto e disposto horizontalmente. Calcule o impulso transferido pelas gotas da chuva para cada metro quadrado de solo horizontal, se a velocidade média das gotas ao chegar ao solo é de $2{,}5 \text{ m/s}$ e o índice pluviométrico é igual a 20 mm. Considere a colisão como perfeitamente inelástica.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$F_{\text{vento}} = P_{\text{gota}} \qquad b\,r = \left(\frac{4}{3}\pi r^3\right)\rho_{\text{água}}\,g$$

$$r = \sqrt{\frac{3\,b}{4\pi\rho_{\text{água}}\,g}} = \sqrt{\frac{3\times\left(1{,}6\times10^{-3}\text{ N/m}\right)}{4\times3\times\left(1{,}0\times10^{3}\text{ kg/m}^3\right)\times10\text{ m/s}^2}} = 2\times10^{-4}\text{ m}$$

b) **(2 pontos)**

$$|I| = |\Delta p| = m_{\text{gotas}}\,|\Delta \text{v}| = m_{\text{gotas}}\,\text{v}_{\text{gota}}$$

$$m_{\text{gotas}} = \left(1\text{ m}^2\right)\times\left(20\times10^{-3}\text{m}\right)\times\left(1{,}0\times10^{3}\text{ kg/m}^3\right) = 20\text{ kg}$$

$$|I| = 20\text{ kg}\times2{,}5\text{ m/s} = 50\text{ kg m/s}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) $F_{vento} = b.r$ } considerando $F_{vento} = |P|$
$P = b.r$

$m.g = b.r$

$\rho.V.g = b.r$ $\qquad \rho = \frac{m}{V}$

$10^3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot 10 = 1{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot r$ $\qquad \boxed{m = \rho . V}$

$r = \frac{1{,}6}{3} \cdot 10^{-7}$

$r = 0{,}5\bar{3} \cdot 10^{-7}$

$\boxed{r = 5{,}\bar{3} \cdot 10^{-8} m}$

Intervalo no qual a gota cairá $r =]5{,}\bar{3} \cdot 10^{-8}; \infty[$ (em metros)

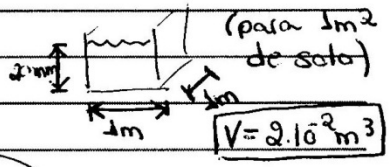
R: A gota de menor raio que cairá teria raio aproximadamente $5{,}34 \cdot 10^{-8}$ metros.

b) a gota chega ao solo a uma velocidade de 2,5 m/s (V_0) e faica o solo até parar ($V = 0$), desacelerando.

$V = V_0 + at$

$2{,}5 = -at$

$\boxed{a = -\frac{2{,}5}{t} m/s^2}$



$I = F.t$

$I = m.a.t$

$I = \rho . V . \left(\frac{-2{,}5}{\cancel{t}}\right) \cancel{t}$

$I = 10^3 . 2 . 10^{-2} . (-2{,}5)$

$\boxed{I = -50 Ns}$

R: O impulso transferido pelas gotas da chuva ao solo é de 50 Ns para cada metro quadrado de solo.

No item **a**, o candidato iguala o peso à força do vento, que dá a condição de limiar de queda. Entretanto, usa uma expressão errada para o volume da gota, comprometendo assim o resultado final. Resolve o item **b** de forma alternativa, considerando constante a força entre a gota e o solo. Dessa forma aparece o tempo de interação entre gota e solo na frenagem. Como o impulso é dado pelo produto da força pelo tempo, esta última grandeza, que é desconhecida, é cancelada.

Exemplo Abaixo da Média

a) $\rho_{água} = 1 \cdot 10^3 kg/m^3$
$b = 1{,}6 \cdot 10^{-3} N/m$

Peso > Fvento
$1 \cdot 10^3 \cdot 10 > 1{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot r$
$1 \cdot 10^4 > 1{,}6 \cdot 10^{-3} \cdot r$
$r < 0{,}602 m$

O raio mínimo da gota para que ela cai precisa ser menor que 0,602 m.

b) $V = 2{,}5 m/s$
$I = F \cdot \Delta t$
$F = m \cdot \frac{\Delta V}{\Delta t}$

$I = F \cdot \Delta t$
$I = 3{,}125 \cdot 10^5 \cdot 8 \cdot 10^{-3}$
$I = 25 \cdot 10^2 N.s$

$F = 1 \cdot 10^3 \cdot \frac{2{,}5}{0{,}008}$
$F = 312500 N$

$2{,}5 = \frac{0{,}02}{\Delta t}$
$\Delta t = 0{,}008 s$

O impulso transferido pelas gotas é de 2500 N.s por metro quadrado horizontal.

No item **a**, o candidato não leva em conta o volume da gota para calcular seu peso, chegando a um resultado sem sentido. No item **b**, usa o índice pluviométrico como um deslocamento, encontrando a partir daí grandezas com as dimensões adequadas, mas sem significado para o problema proposto.

Comentários

A questão aborda, no item **a**, a condição de limiar de queda que é dada pela igualdade entre a força gravitacional e a força do vento, cuja expressão é fornecida de forma simplificada no enunciado. No item **b**, o candidato deve usar a relação entre impulso e variação da quantidade de movimento. Além disso, o volume de chuva por unidade de área é fornecido através do índice pluviométrico, cujo significado é devidamente explicado no enunciado.

Questão 12

Em agosto de 2012, a NASA anunciou o pouso da sonda *Curiosity* na superfície de Marte. A sonda, de massa $m = 1000\ \text{kg}$, entrou na atmosfera marciana a uma velocidade $v_0 = 6000\ \text{m/s}$.

a) A sonda atingiu o repouso, na superfície de Marte, 7 minutos após a sua entrada na atmosfera. Calcule o módulo da força resultante média de desacerelação da sonda durante sua descida.

b) Considere que, após a entrada na atmosfera a uma altitude $h_0 = 125\ \text{km}$, a força de atrito reduziu a velocidade da sonda para $v = 4000\ \text{m/s}$ quando a altitude atingiu $h = 100\ \text{km}$. A partir da variação da energia mecânica, calcule o trabalho realizado pela força de atrito neste trecho. Considere a aceleração da gravidade de Marte, neste trecho, constante e igual a $g_{Marte} = 4\ \text{m/s}^2$.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$\bar{F} = m\bar{a} = m\frac{\Delta \text{v}}{\Delta t} = 1000\ \text{kg}\frac{6000\ \text{m/s}}{7 \times 60\ \text{s}} \approx 1{,}4 \times 10^4\ \text{N}$$

b) **(2 pontos)**

$$W_{\text{atrito}} = E_f^{mec} - E_i^{mec} = \left(mg_{Marte}h + \frac{m\text{v}^2}{2}\right) - \left(mg_{Marte}h_0 + \frac{m\text{v}_0^2}{2}\right) =$$

$$= \left(10^3 \times 4 \times 100 \times 10^3 + \frac{10^3 \times 4000^2}{2}\right) - \left(10^3 \times 4 \times 125 \times 10^3 + \frac{10^3 \times 6000^2}{2}\right) =$$

$$= 4 \times 10^8 + 80 \times 10^8 - 5 \times 10^8 - 180 \times 10^8 = -101 \times 10^8\ \text{J} = -1{,}01 \times 10^{10}\ \text{J}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) Durante a descida da sonda:

$V_F = V_0 + a.t \rightarrow 0 = 6000 + a.(7.60) \rightarrow a \cong -14,3\ m/s^2$

$|F_{R\,MÉDIA}| = |a|.m = |-14,3|.1000 \rightarrow |F_{R\,MÉDIA}| = 14300\,N$

b) $-\tau_{ATRITO} = E_{MEC\,inicial} - E_{MEC\,final}$

$-\tau_{ATRITO} = \left(\frac{m.V_0^2}{2} + m.g_{marte}.h_0\right) - \left(\frac{m.v^2}{2} + m.g_{marte}.h\right)$

$-\tau_{ATRITO} = \left(\frac{1000.6000^2}{2} + 1000.4.125000\right) - \left(\frac{1000.4000^2}{2} + 1000.4.100000\right)$

$-\tau_{ATRITO} = 18,5.10^9 - 8,4.10^9 = 10,1.10^9$

$\tau_{ATRITO} = -1,01.10^{10}\,J$

O candidato resolve corretamente a questão, seguindo os passos apresentados na resposta esperada. Louve-se o cuidado do candidato com a notação, explicando o sentido da aceleração no item **a** e o sinal do trabalho da força de atrito.

Exemplo Abaixo da Média

a) Dados

$\Delta t = 7_{MIN} = 420s$

$V_0 = 6000\,m/s$

$M = 1000\,Kg$

$V_F = 0\,m/s$

Aceleração contra o sentido do movimento

$V_F = V_0 - at$

$0 = 6000 - a.420$

$a = 14,28\,m/s$

$|\vec{P}| - |\vec{F}| = m.\vec{a}$

$|\vec{F}| = mg - m.a$

$|\vec{F}| = 1000.10 - 1000.14,28$

$|\vec{F}| = 4280\,N$

b) $\tau = \Delta E_c$

$\tau = E_{cF} - E_{ci}$

$\tau = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv^2}{2}$

$\tau = \frac{1000.6000^2}{2} - \frac{1000.4000^2}{2}$

$\tau = 1,0.10^{10}\,J$

No item **a**, o candidato calcula corretamente a aceleração média, mas se equivoca ao calcular a força resultante. No item **b**, o candidato calcula o trabalho da força resultante em vez do trabalho realizado pela força de atrito. Em outras palavras, não inclui o trabalho do peso no cálculo.

Comentários

A questão 12 explora o conceito de força resultante e de variação da energia mecânica produzida por uma força dissipativa, tendo como contexto a chegada da sonda Curiosity a Marte.

Questão 13

A boa ventilação em ambientes fechados é um fator importante para o conforto térmico em regiões de clima quente. Uma chaminé solar pode ser usada para aumentar a ventilação de um edifício. Ela faz uso da energia solar para aquecer o ar de sua parte superior, tornando-o menos denso e fazendo com que ele suba, aspirando assim o ar dos ambientes e substituindo-o por ar vindo do exterior.

a) A intensidade da radiação solar absorvida por uma placa usada para aquecer o ar é igual a $400\ \text{W/m}^2$. A energia absorvida durante 1,0 min por uma placa de $2\ \text{m}^2$ é usada para aquecer $6{,}0\ \text{kg}$ de ar. O calor específico do ar é $c = 1000\ \dfrac{\text{J}}{\text{kg °C}}$. Qual é a variação de temperatura do ar nesse período?

b) A densidade do ar a 290 K é $\rho = 1{,}2\ \text{kg/m}^3$. Adotando-se um número fixo de moles de ar mantido a pressão constante, calcule a sua densidade para a temperatura de 300 K. Considere o ar como um gás ideal.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$Q = I \times A \times \Delta t = m \times c \times \Delta\theta$$

$$\Delta\theta = \frac{I \times A \times \Delta t}{m \times c} = \frac{400\text{W/m}^2 \times 2\text{m}^2 \times 60\text{s}}{6{,}0\text{kg} \times 10^3\ \text{J/kg}\ ^0\text{C}} = 8\ ^0\text{C}$$

b) **(2 pontos)**

$$P = \text{constante} \quad \rightarrow \quad T_1\rho_1 = \rho_2 T_2$$

$$\rho_1 = \frac{\rho_2 T_2}{T_1} = \frac{1{,}2 \times 290}{300} = 1{,}16\ \text{kg/m}^3$$

Exemplo Acima da Média

a) $P_{ot} = \dfrac{E}{\Delta T}$

$400 = \dfrac{E}{60}$

$E = 24 \cdot 10^3\ J = Q$

$Q = mc\Delta\theta$

$24 \cdot 10^3 = 6 \cdot 10^3 \cdot \Delta\theta$

$\Delta\theta = 4\ ^oC$

A variação de temperatura é de 4°C.

b) $\dfrac{\cancel{P}V}{T} = \dfrac{\cancel{P}V'}{T'}$

Como $\rho = \dfrac{m}{V} \Rightarrow V = \dfrac{m}{\rho}$

$\dfrac{\cancel{m}}{\rho \cdot T} = \dfrac{\cancel{m}}{\rho' \cdot T'}$

$\dfrac{1}{1{,}2 \cdot 290} = \dfrac{1}{\rho' \cdot 300}$

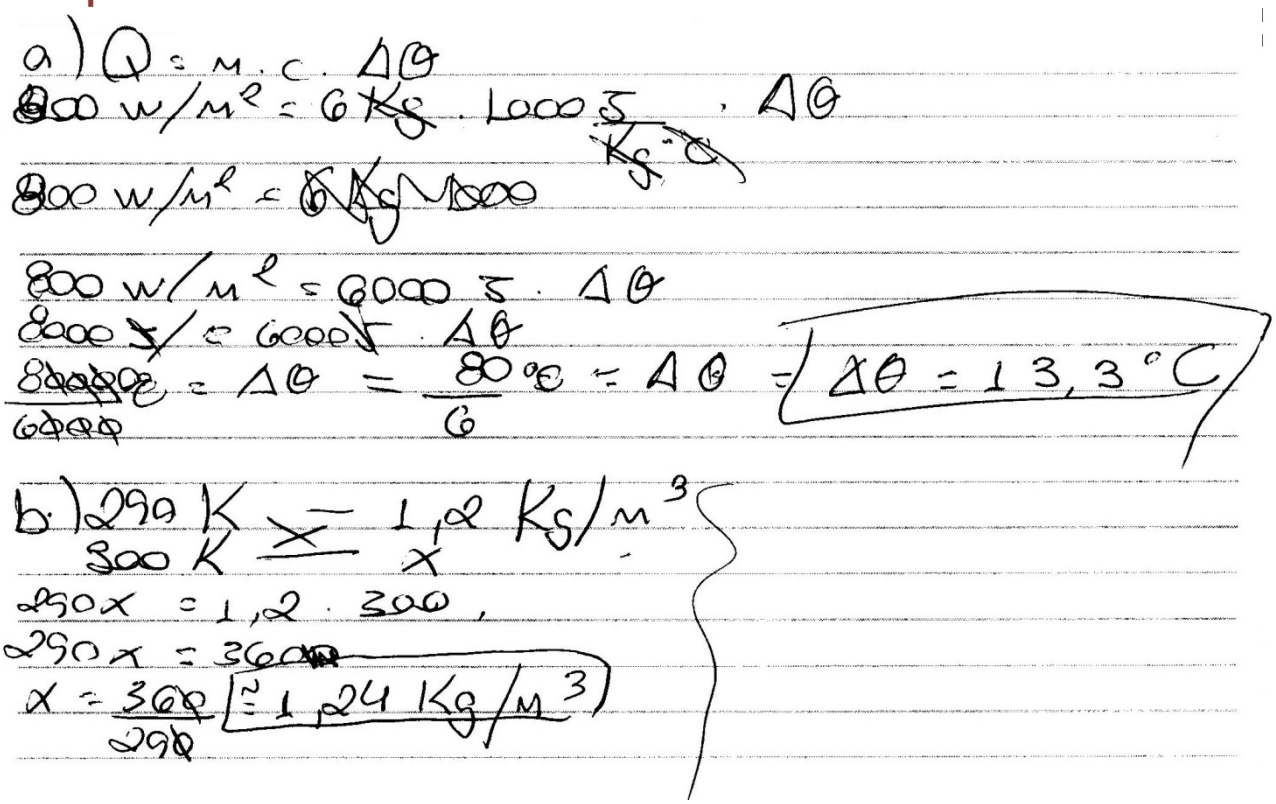
$\rho' = 290 \cdot 4 \cdot 10^{-3}$

$\rho' = 1{,}16\ Kg/m^3$

A nova densidade a 300K é $1{,}16\ Kg/m^3$

No exemplo acima da média, o candidato aplica corretamente os conceitos de calorimetria e considera as relações entre intensidade, potência e energia da radiação solar absorvida. No entanto, ele não leva em conta o dado do enunciado, que informa que a placa tem 2 m^2, o que o leva a um resultado incorreto para a resposta final no item **a.**

Exemplo Abaixo da Média



No exemplo abaixo da média, o candidato não leva em conta o tempo de um 1 minuto para o cálculo da quantidade de calor absorvida pela placa, o que resulta em uma variação de temperatura incorreta como resposta ao item **a.** No item **b,** o candidato usa uma regra direta para calcular a densidade de ar a 300 K, considerando de forma equivocada que a densidade do ar, a pressão constante, aumenta com o aumento da temperatura.

Comentários

Esta questão utiliza a problemática da climatização de edifícios para explorar o conhecimento do candidato a respeito dos conceitos de energia, potência, troca de calor, e sobre as leis dos gases ideais. O item **a** pede que o candidato calcule a energia da radiação solar absorvida pela placa e, a partir dela, a variação da temperatura da massa de ar. No segundo item, pergunta-se a variação da densidade, a pressão constante, de um número fixo de moles de ar submetido a uma variação de temperatura.

Questão 14

O prêmio Nobel de Física de 2011 foi concedido a três astrônomos que verificaram a expansão acelerada do universo a partir da observação de supernovas distantes. A velocidade da luz é $c = 3 \times 10^8$ m/s.

a) Observações anteriores sobre a expansão do universo mostraram uma relação direta entre a velocidade v de afastamento de uma galáxia e a distância r em que ela se encontra da Terra, dada por $v = H\,r$, em que $H = 2{,}3 \times 10^{-18}\ \text{s}^{-1}$ é a constante de Hubble. Em muitos casos, a velocidade v da galáxia pode ser obtida pela expressão $v = \dfrac{c\,\Delta\lambda}{\lambda_0}$, em que λ_0 é o comprimento de onda da luz emitida e $\Delta\lambda$ é o deslocamento

Doppler da luz. Considerando ambas as expressões acima, calcule a que distância da Terra se encontra uma galáxia, se $\Delta\lambda = 0{,}092\ \lambda_0$.

b) Uma supernova, ao explodir, libera para o espaço massa em forma de energia, de acordo com a expressão $E = mc^2$. Numa explosão de supernova foram liberados $3{,}24 \times 10^{48}$ J, de forma que sua massa foi reduzida para $m_{\text{final}} = 4{,}0 \times 10^{30}$ kg. Qual era a massa da estrela antes da explosão?

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$r = \frac{\text{v}}{H} = \frac{c\ \Delta\lambda}{H\ \lambda_0} = \frac{3\times10^{8}\ \text{m/s}\ 0{,}092\ \lambda_0}{2{,}3\times10^{-18}/\text{s}\ \lambda_0} = 1{,}2\times10^{25}\ \text{m}$$

b) **(2 pontos)**

$$m_i = m_{\text{f}} + \frac{E_{\text{liberada}}}{c^2} = 4{,}0\times10^{30}\ \text{kg} + \frac{3{,}24\times10^{48}\ \text{J}}{\left(3\times10^{8}\ \text{m/s}\right)^2} = 4\times10^{31}\ \text{kg}$$

Exemplo Acima da Média

a) $V = \frac{c.\Delta\lambda}{\lambda_0} \rightarrow V = \frac{3.10^8.0{,}092\cancel{\lambda_0}}{\cancel{\lambda_0}} \rightarrow V = 2{,}76.10^7 m/s$

$v = H.r$

$2{,}76.10^7 = 2{,}3.10^{-18}.r \rightarrow r = 1{,}2.10^{25}$ metros

b) $E = m.c^2$

$3{,}24.10^{48} = (4.10^{30} - m_i).(3\ 10^8)^2$

$3{,}24.10^{48} = (4.10^{30} - m_i)\ 9\ 10^{16}$

$3{,}24.10^{48} = 36.10^{46} - 9.10^{16} m_i$

$m_i = 3{,}2.10^{31}$ Kg

No exemplo acima da média, na solução do item **b**, o candidato aplica corretamente a relação entre massa e energia para calcular a massa equivalente à energia liberada. No entanto, ele subtrai ao invés de somar a massa final da massa equivalente para encontrar a massa inicial da estrela.

Exemplo Abaixo da Média

a) $v = H.r$

$\frac{c\,\Delta\lambda}{\lambda_0} = H.r$

$\frac{3\times10^8 . 0{,}092\,\cancel{\lambda_0}}{\cancel{\lambda_0}} = 2{,}3\times10^{-18}.r$

$\frac{27.600.000}{2{,}3\times10^{-18}} = r$

$r = \frac{2{,}76\times10^7}{2{,}3\times10^{-18}} \neq \boxed{1{,}2\times10^{25}}$

b) $E = m.c^2$

$3{,}24\times10^{48} = m.(3\times10^8)^2$

$3{,}24\times10^{48} = m.9\times10^{16}$

$m = \frac{3{,}24\times10^{48}}{9\times10^{16}}$

$m = 0{,}36\times10^{32}$

$\boxed{m = 3{,}6\times10^{31}}$ Kg (massa inicial do estrela)

Neste exemplo abaixo da média, na solução do item **a,** o candidato iguala corretamente as expressões para a velocidade de afastamento da galáxia a partir da Lei de Hubble e do deslocamento Doppler. No entanto, na resposta final, ele se esquece da unidade para à distância da galáxia. No item **b,** o candidato utiliza a expressão fornecida para calcular a massa associada à energia liberada e conclui erroneamente que esta é a massa inicial da estrela.

Comentários

A Questão 14 versa sobre assuntos de Física Moderna: a Lei de Hubble, o deslocamento Doppler da luz e a relação massa-energia de Einstein. A questão faz referência ao prêmio Nobel de Física de 2011, concedido aos três astrônomos que verificaram a expansão acelerada do universo a partir da observação de supernovas distantes. Apesar de tais assuntos não fazerem parte do programa do ensino médio, as expressões necessárias para a solução da questão foram fornecidas no enunciado. No item **a**, o candidato deve igualar as expressões para a velocidade de afastamento a partir da Lei de Hubble e do deslocamento Doppler, para obter a distância da galáxia. Já o item **b** pede que o candidato utilize a relação massa-energia da Teoria da Relatividade Restrita para encontrar a massa inicial de uma estrela conhecendo a energia liberada na explosão da supernova e a massa final da estrela.

Questão 15

Uma forma alternativa de transmissão de energia elétrica a grandes distâncias (das unidades geradoras até os centros urbanos) consiste na utilização de linhas de transmissão de extensão aproximadamente igual a meio comprimento de onda da corrente alternada transmitida. Este comprimento de onda é muito próximo do comprimento de uma onda eletromagnética que viaja no ar com a mesma frequência da corrente alternada.

a) Qual é o comprimento de onda de uma onda eletromagnética que viaja no ar com uma frequência igual a $60\ \text{Hz}$? A velocidade da luz no ar é $c = 3\times10^8\ \text{m/s}$.

b) Se a tensão na linha é de $500\ \text{kV}$ e a potência transmitida é de $400\ \text{MW}$, qual é a corrente na linha?

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^8 \text{ m/s}}{60 \text{ Hz}} = 5\times10^6 \text{ m}$$

b) **(2 pontos)**

$$I = \frac{P}{U} = \frac{4\times10^8 \text{ W}}{5\times10^5 \text{ V}} = 800 \text{ A}$$

Exemplo Acima da Média

a) $v = \lambda f$

$3.10^8 = \lambda 60$

$60\lambda = 3.10^8$

$\lambda = \frac{300.10^6}{60}$

$\boxed{\lambda = 5.10^6 \text{ m}}$

b) $Pot = Ui$

$400 = 500 i$

$i = \frac{400}{500}$

$\boxed{i = 0,8 \text{ A}}$

No exemplo acima da média, o candidato aplica corretamente a fórmula de potência elétrica para o cálculo da corrente elétrica da linha, mas se esquece de converter corretamente as unidades MW e kV na conta final do item **b**.

Exemplo Abaixo da Média

a) Sendo o comprimento de onda dado por λ, e $v = \lambda f$, com os dados apresentados temos que: c ou $v = 3.10^8$, $f = 60 Hz$

$v = \lambda f \Rightarrow 3.10^8 = \lambda . 60 \Rightarrow \lambda = 10^8 = \lambda . \frac{60}{3} \Rightarrow 10^8 = \lambda . 20 \Rightarrow \lambda = \frac{10^8}{20} \Rightarrow \lambda = \frac{10^8}{2^1}$

$\Rightarrow \boxed{\lambda = 5^7 \text{ m}}$

b) Sendo tensão $= U = 500 kV$ e $P = 400 MW$, temos $P = U^2 . i$, logo:

$400000 = 500.000^2 . i \Rightarrow 400000 = 2500000 . i \Rightarrow i = \frac{400000}{2500000} \Rightarrow \boxed{i = 0,16 A}$

Neste exemplo abaixo da média, na solução do item **a**, o candidato erra completamente a manipulação das potências de dez no cálculo do comprimento de onda da radiação eletromagnética. No item **b**, ele utiliza uma fórmula completamente equivocada para a potência elétrica, mostrando uma confusão aparente entre os conceitos de diferença de potencial e resistência elétrica.

Comentários

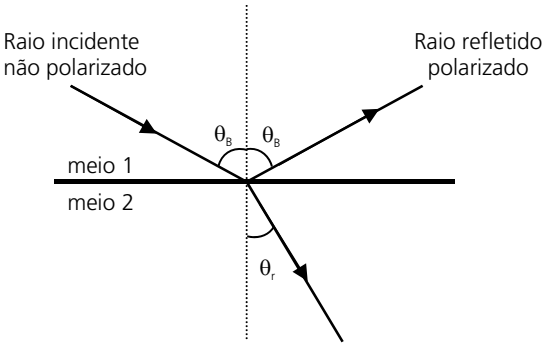
Os assuntos abordados na Questão 15 são ondulatória e potência elétrica, e o contexto considerado é o uso alternativo de linhas de transmissão com meio comprimento de onda da corrente alternada transmitida. Para resolver o item **a**, o candidato deveria utilizar a equação fundamental da ondulatória para encontrar o comprimento de onda de uma onda eletromagnética. No item **b**, o candidato deveria conhecer a fórmula para potência elétrica para obter a corrente da linha a partir da potência elétrica e da diferença de potencial elétrico fornecidos no enunciado.

Questão 16

O efeito de imagem tridimensional no cinema e nos televisores 3D é obtido quando se expõe cada olho a uma mesma imagem em duas posições ligeiramente diferentes. Um modo de se conseguir imagens distintas em cada olho é através do uso de óculos com filtros polarizadores.

a) Quando a luz é polarizada, as direções dos campos elétricos e magnéticos são bem definidas. A intensidade da luz polarizada que atravessa um filtro polarizador é dada por $I = I_0 \cos^2\theta$, onde I_0 é a intensidade da luz incidente e θ é o ângulo entre o campo elétrico $\vec{E}$ e a direção de polarização do filtro. A intensidade luminosa, a uma distância d de uma fonte que emite luz polarizada, é dada por $I_0 = \dfrac{P_0}{4\pi d^2}$, em que P_0 é a potência da fonte. Sendo $P_0 = 24\ \text{W}$, calcule a intensidade luminosa que atravessa um polarizador que se encontra a $d = 2\ \text{m}$ da fonte e para o qual $\theta = 60°$.

b) Uma maneira de polarizar a luz é por reflexão. Quando uma luz não polarizada incide na interface entre dois meios de índices de refração diferentes com o ângulo de incidência θ_B, conhecido como ângulo de Brewster, a luz refletida é polarizada, como mostra a figura ao lado. Nessas condições, $\theta_B + \theta_r = 90°$, em que θ_r é o ângulo do raio refratado. Sendo $n_1 = 1{,}0$ o índice de refração do meio 1 e $\theta_B = 60°$, calcule o índice de refração do meio 2.



Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

$$I = \left(\frac{P_0}{4\pi d^2}\right)\cos^2\theta = \left(\frac{24\ \text{W}}{4\pi\ (2\ \text{m})^2}\right)\left(\frac{1}{2}\right)^2 = 0{,}125\ \text{W/m}^2$$

b) **(2 pontos)**

$$n_1\ \text{sen}\theta_1 = n_2\ \text{sen}\theta_2$$

$$n_2 = \frac{n_1\ \text{sen}\theta_B}{\text{sen}\theta_r} = \frac{n_1\ \text{sen}\ \theta_B}{\text{sen}\left(90^\circ - \theta_B\right)} = \frac{1 \times \text{sen}\ 60^\circ}{\text{sen}\ 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}/2}{1/2} = \sqrt{3}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) $I_0 = \frac{P_0}{4\pi d^2} = I_0 = \frac{24}{4.3.4} \Rightarrow I_0 = 0,5 \Rightarrow$

$I = 0,5 . \cos^2 60° \Rightarrow I = \frac{1}{2} . \frac{1}{4} \Rightarrow$

$I = 0,125.$

b) $n1 . \operatorname{sen}\theta_B = n2 . \operatorname{sen}\theta_r \Rightarrow$

$1 . \frac{\sqrt{3}}{2} = n2 . \frac{1}{2} \Rightarrow n2 = \sqrt{3}.$

No exemplo acima da média, o candidato aplica corretamente as fórmulas e os conceitos pertinentes para a solução da questão. No entanto, ele apresenta a resposta final do item **a** sem qualquer unidade.

Exemplo Abaixo da Média

a) $P_0 = 24W \Rightarrow I_0 = \frac{P_0}{4\pi d^2} \Rightarrow I_0 = \frac{24}{4\pi 4} \Rightarrow I_0 = \frac{3}{2\pi}$

$d = 2m$

$\theta = 60°$

$I_0 = ?$

$I = ?$

$I = I_0 \cos^2\theta \Rightarrow I = \frac{3}{2\pi} \cos^2 60° \Rightarrow I = \frac{3}{2\pi} . \left(\frac{1}{2}\right)^2 \Rightarrow$

$I = \frac{3}{8\pi}$

R= A intensidade é de $3/8\pi$ W/m²

b) $n_1 = 1,0$

$\theta_B = 60°$

$\theta_r = 30°$

$n_2 = ?$

$n_1 \cos\theta_B = n_2 \cos\theta_r$

$\Downarrow$

$1 . \frac{1}{2} = n_2 . \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow n_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} \Rightarrow n_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}$

R= O índice de refração do meio 2 é $\sqrt{3}/3$

Neste exemplo abaixo da média, na solução do item **a**, o candidato utiliza corretamente as expressões fornecidas no enunciado para o cálculo da intensidade luminosa que atravessa o filtro polarizador. No entanto, ele não realiza a conta final e apresenta o resultado na forma fracionária e sem substituir o valor fornecido para π. No item **b**, o candidato utiliza uma expressão equivocada para a lei de Snell, apresentando os cosenos dos ângulos de incidência e refração ao invés dos senos destes ângulos.

Comentários

A Questão 16 versa sobre óptica, tendo como temática o uso de polarizadores na produção de imagens tridimensionais No item **a** são fornecidas a expressão para a intensidade luminosa que atravessa um filtro polarizador e a relação entre potência e intensidade luminosa para uma certa fonte. Usando essas expressões, o

candidato deveria calcular a intensidade luminosa que atravessa o filme polarizador nas condições dadas. O item **b** cobra o uso da Lei de Snell na situação em que um raio luminoso incide em uma superfície com um ângulo de incidência igual ao ângulo de Brewster, para o qual a luz refletida é polarizada.

Questão 17

Cerca de 70% da superfície da Terra é coberta por água do mar e abaixo dessa superfície a água atinge uma profundidade média de 3,8 quilômetros. Os ecossistemas marinhos abrigam grande biodiversidade, mas parte dela vem sendo ameaçada pela pesca predatória. Na tentativa de controlar o problema, medidas governamentais têm sido adotadas, como a proibição da pesca em período reprodutivo e a restrição do uso de redes de malhas finas.

a) Como a proibição da pesca em período reprodutivo e como a restrição a redes de malhas finas minimizariam o problema da pesca predatória, contribuindo para a sustentabilidade da pesca? Explique.

b) Monte uma cadeia alimentar típica dos oceanos, considerando a presença de quatro níveis tróficos.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
A proibição da pesca de animais em período reprodutivo evita que indivíduos que ainda não se reproduziram sejam pescados, e a não utilização de redes de malhas finas impede a pesca de juvenis, propiciando a estabilidade numérica da população e mantendo o estoque pesqueiro.

b) **(2 pontos)**
Fitoplâncton (primeiro nível trófico) → zooplâncton (segundo nível trófico) → peixe (terceiro nível trófico) → golfinho, foca ou tubarão (quarto nível trófico)

Exemplo Acima da Média

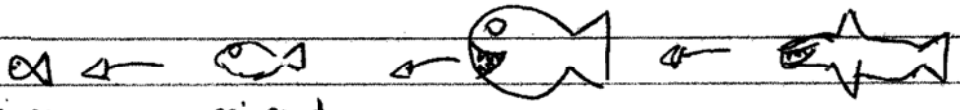
a) A proibição da pesca no período reprodutivo seria responsável por permitir a reprodução e a multiplicação da espécie, de modo que haverá mais peixes e animais para serem pescados, contribuindo não apenas para a sustentabilidade da pesca, mas para a sobrevivência das espécies também.
As redes de malhas finas acabam pescando também peixes de pequeno porte e filhotes, que podem mais tarde se reproduzir e contribuir para a sustentabilidade da pesca. As redes de malhas grossas constituem uma tentativa de restrição à pesca de adultos.
b) A cadeia alimentar pode ser:

Fitoplâncton (Produtor) → Zooplâncton (consumidor primário) → Peixes pequenos (consumidor secundário) → Peixes grandes (tubarões) (consumidor terciário)

Exemplos Abaixo da Média

Exemplo 1

A) Sim, a espécie ou as espécies de peixe e outros animais que vivem na água levão mais tempo para poder se reproduzir e gerar mais descendentes férteis e consequentemente aumentar a população de peixes nos próximos anos.

B) 

peixes de pequeno porte ex: girinos

peixes de porte médio ou ameaçados pela pesca, muito procurados por pescadores.

peixes de maior porte levando na faixa dos dez quilos, dificilmente encontrado em rios

tubarões, muito encontrado em áreas de mares agitados e não encontrado em rios.

Exemplo 2

a.) Sim, a proibição nos períodos reprodutivo é colocado para não acabar com a pesca no lugar (Sem peixe, sem pesca) e as malhas finas ...

B.) GRANDE $\xrightarrow{\text{COME}}$ MEDIO → PEQUENO → MINUSCULO.

Comentários

A questão 17 abordou dois temas diferentes, mas ambos de ecologia. O item **a** é voltado para o conhecimento sobre preservação e o item **b** trata de níveis tróficos. O Índice de Facilidade da questão foi de 0,53 – ela foi, sendo, portanto, considerada de dificuldade média. O Índice de Discriminação foi de 0,35, indicando uma razoável discriminação dos candidatos. Observou-se um grau de familiaridade dos candidatos em relação ao assunto abordado na questão, principalmente no item **a**. No item **b**, um erro comum foi não considerar os produtores como primeiro nível trófico ou inverter a sequência dos níveis tróficos, apresentando o consumidor como primeiro nível trófico e o produtor como último.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Questão 18

Um zoólogo recebeu um animal marinho encontrado em uma praia. Ao tentar identificá-lo com o auxílio de uma lupa, o pesquisador notou, na superfície corporal do animal, a presença de espinhos e de estruturas tubulares, identificadas como pés ambulacrais.

a) Com base nesses elementos da anatomia externa, determine o filo a que pertence o animal em análise. Nomeie uma classe desse filo e dê um exemplo de um animal que a represente.

b) Explique como ocorre a reprodução dos animais pertencentes a esse filo.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
Os pés ambulacrais são estruturas externas típicas do filo Echinodermata. As classes desse filo são Asteroidea (estrelas-do-mar), Crinoidea (lírios-do-mar), Echinoidea (ouriços-do-mar e bolachas-da-praia), Holothuroidea (pepinos-do-mar) e Ophiuroidea (serpentes-do-mar). A indicação de uma dessas classes com exemplo adequado responde à parte final da questão.

b) **(2 pontos)**
Os equinodermos têm sexo separado, ou seja, são dioicos e podem se reproduzir assexuadamente, por regeneração, ou sexuadamente. Na reprodução sexuada, os óvulos e espermatozoides são eliminados na água, ocorrendo, portanto, fecundação externa. O desenvolvimento é indireto, podendo haver uma ou mais formas larvais.

Exemplo Acima da Média

a) O animal é um equinoderma (filo). Uma das classes desse filo é asteroidea e um animal que a represente é o estrela-do-mar.

b) Os animais desse filo podem realizar reprodução assexuada por regeneração, ou seja, quando determinadas partes do animal se repartem, elas podem dar origem a um novo indivíduo.
Além disso, eles realizam reprodução sexuada, com fecundação externa dos gametas liberados na água pelos indivíduos adultos.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Abaixo da Média

a) Com base na anatomia externa encontrada no animal, o filo ao qual ele pertence é o dos cordados. Uma das classes desse filo pode ser os mamíferos. Exemplo: canguru.

b) A reprodução dos animais pertencentes a esse filo é sexuada, ou seja, não existem animais que possam se reproduzir por brotamento, regeneração ou por elementos abióticos, mas todos precisam de um parceiro sexual para que ocorra a troca de gametas. A reprodução é direta, ou seja, não existe estágios anteriores à adulta, com exceção de alguns anfíbios, e também em sua maioria é necessário dois sexos para a cópula, ou seja, são dióicos.

Comentários

Foi uma questão com Índice de Facilidade de 0,19 e, portanto, com grau de dificuldade elevado. O Índice de Discriminação foi de 0,30, considerado moderado. A questão apresentou duas perguntas relacionadas ao filo Echinodermata. O item **a** relacionava-se à classificação dos Echinodermata e o item **b**, aos seus mecanismos de reprodução, o que permitiu dois tipos de respostas, a reprodução assexuada e a sexuada. Foi a questão com o maior índice de erros da prova de Biologia, sugerindo que o tema é pouco enfatizado no Ensino Médio. Foram frequentes respostas que demonstravam profundo desconhecimento não apenas dos Echinodermata, como também de outros filos animais.

Questão 19

Na Região Sudeste do Brasil as paineiras frutificam em pleno inverno, liberando suas sementes envoltas por material lanoso, como mostram as figuras abaixo. Tal fato está relacionado com o mecanismo de dispersão das sementes.

(Foto à esquerda - Fonte: www.deverdecasa.com. Acessado em 19/12/2012. Foto à direita – Acervo pessoal.)

a) Explique como ocorre a dispersão das sementes das paineiras e qual a importância de a frutificação ocorrer no inverno da Região Sudeste.

b) Diferentemente das paineiras, existem plantas que investem na produção de frutos carnosos e vistosos. De que maneira tal estratégia pode estar relacionada à dispersão das sementes dessas plantas? Explique.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
A dispersão das sementes da paineira é feita pelo vento e ocorre no inverno da Região Sudeste por ser uma época mais seca e com ventos, o que possibilita que a paina com a semente seja carregada através de grandes distâncias.

b) **(2 pontos)**
Frutos carnosos e vistosos atraem animais, que veem neles uma fonte de alimento. Alimentando-se desses frutos, os animais promovem a dispersão de suas sementes pelo ambiente, principalmente pela eliminação de sementes nas fezes.

Exemplo Acima da Média

A) A dispersão das sementes da paineira ocorre pelo vento, que as carrega para longe por conta de suas ~~adaptações~~ adaptações para tanto envoltórios de material lanoso). A importância deste evento ocorrer no inverno está relacionada com o ciclo de chuvas da região Sudeste. No inverno temos ~~grandes~~ um longo período de seca, o que ~~favorece~~ permite a dispersão, uma vez que a chuva molharia a semente e a tornaria muito pesada para que o vento a carregasse.

b) Esses frutos, além de atrativos visualmente, possuem uma parte carnosa, que serve de alimento para alguns animais como os pássaros e pequenos roedores. Ao se alimentarem do fruto, as sementes passam ilesas pelo metabolismo do animal e posteriormente são eliminadas com as fezes. Desta forma, os animais funcionam como agentes dispersores, levando as sementes para outras regiões e garantindo a continuidade da espécie de planta em questão.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Abaixo da Média

a) As sementes da paineira são grãos de pólen, que são liberados pela planta e dispersado para encontrarem outra planta para haver a fecundação. Durante o outono e inverno, as plantas (econ) economizam energia, pois a luz solar nesse período está em baixa intensidade, por isso, liberam folhas e semente (s) nesse período.

b) Os frutos vistosos, assim como flores também vistosas atraem insetos, que por sua locomoção (~~escpida~~), entram em contato com muitos outros frutos de planta, carregando (~~com~~) consigo, os agentes reprodutores de determinada planta, portanto, quando se dirige a outra (~~planta~~) deposita nela o (~~polém~~) polen, que ao entrar em contato com o agente reprodutor desta nova planta, haja a fecundação e a formação de uma nova planta / espécie.

Comentários

Foi uma questão de dificuldade média, com Índice de Facilidade de 0,58, e Índice de Discriminação de 0,35, considerado moderado . Abordou-se um assunto que exigia conhecimentos sobre os mecanismos de dispersão das sementes. Nesta questão o enunciado apresentava uma interface com a geografia, uma vez que o candidato deveria relacionar o inverno seco e pouco chuvoso da Região Sudeste com o material lanoso dos frutos da paineira. No item **a**, a maioria dos candidatos não conseguiu associar a necessidade de ausência de chuvas durante o inverno e a dispersão do fruto lanoso das paineiras. Outro erro frequente foi confundir o processo de polinização com o de dispersão das sementes, tanto no item **a** como no **b**. Ainda no item **b**, observou-se que muitos candidatos confundem o processo de defecação com o de excreção.

Questão 20

Os tubarões e os golfinhos são semelhantes quanto ao formato corpóreo, como pode ser notado nas figuras abaixo. Tal semelhança, no entanto, não reflete proximidade filogenética.

(Fonte: www.cienciahoje.uol.com.br. Acessado em 5/12/2012. Fotos de Terry Goss e Jeff Kraus.)

a) Dado que a semelhança apontada entre os tubarões e os golfinhos não pode ser explicada por ancestralidade comum, a que ela se deve? Explique o processo que originou tal semelhança.
b) Diferencie os tubarões dos golfinhos quanto ao sistema respiratório e quanto à estrutura do coração.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
A semelhança entre tubarões e golfinhos se deve ao processo denominado convergência adaptativa. O ambiente aquático selecionou, de maneira independente nos grupos animais em questão, formas corpóreas semelhantes, que favorecem sua locomoção no ambiente aquático.

b) **(2 pontos)**
Os golfinhos apresentam respiração pulmonar, enquanto nos tubarões a respiração é branquial. O coração dos golfinhos tem quatro câmaras e o dos tubarões, apenas duas.

Exemplo Acima da Média

A. A semelhança apontada entre tubarões e golfinhos se deve à convergência adaptativa, em que ocorre analogia entre diferentes partes do corpo desses animais.
Numa sem proximidade filogenética, tubarões e golfinhos conquistaram ambientes muito semelhantes, que selecionaram características adaptativas igualmente semelhantes. Independentemente da origem ancestral, a forma aerodinâmica desses animais os tornou mais adaptados ao ambiente em que vivem e foi selecionada positivamente em ambos os casos, o que lhes conferiu semelhanças.

B. Tubarões são peixes cartilaginosos, respiram por brânquias e possuem coração com duas cavidades (um átrio e um ventrículo).
Já os golfinhos são mamíferos, respiram por pulmões e possuem coração com quatro cavidades (dois átrios e dois ventrículos).

Exemplo Abaixo da Média

a) foi ~~a res~~ pela necessidade das duas espécies de conseguir alimento, nadar ~~e se re~~ juntamente com a lei do uso e desuso proporcionaram aos dois uma certa semelhança.
Ocorre com a necessidade de se alimentar ou deslocar que partes ao longo do tempo foram se adaptando e passando aos descendentes.

b) tubarões são repteis com respiração traquial e sistema circulatorio duplo e ~~imcom~~ incompleto
Já os golfinhos possui respiração pulmonar e sistema circulatorio duplo e completo.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Comentários

A questão 20 explorou temas de evolução (item **a**) e de morfologia interna/fisiologia (item **b**). O Índice de Facilidade foi de 0,35 e, portanto, seu grau de complexidade foi razoável. O Índice de Discriminação da questão foi de 0,50, indicando uma boa discriminação dos candidatos. No item **a**, um erro frequente foi responder à questão com a teoria Lamarckista, assumindo que golfinhos e tubarões teriam desenvolvido as características corpóreas para se adaptarem ao meio marinho.

Questão 21

Os fungos são organismos eucarióticos heterotróficos unicelulares ou multicelulares. Os fungos multicelulares têm os núcleos dispersos em hifas, que podem ser contínuas ou septadas, e que, em conjunto, formam o micélio.

a) Mencione uma característica que diferencie a célula de um fungo de uma célula animal, e outra que diferencie a célula de um fungo de uma célula vegetal.

b) Em animais, alguns fungos podem provocar intoxicação e doenças como micoses; em plantas, podem causar doenças que prejudicam a lavoura, como a ferrugem do cafeeiro, a necrose do amendoim e a vassoura de bruxa do cacau. Entretanto, os fungos também podem ser benéficos. Cite dois benefícios proporcionados pelos fungos.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
Os fungos têm parede celular, ausente nas células animais, e não apresentam cloroplasto, que está presente nas células vegetais. Outra diferença entre as células de fungos e as vegetais se refere à constituição da parede celular, que é composta por quitina nos fungos e celulose nos vegetais.

b) **(2 pontos)**
Alguns fungos podem ser usados como alimento, outros participam da produção de itens alimentícios dependentes do processo de fermentação ou ainda da obtenção de fármacos. Os fungos são também importantes decompositores de matéria orgânica.

Exemplo Acima da Média

a) Enquanto a célula de um fungo apresenta parede celular, a célula animal não possui a mesma. A parede celular da célula de um fungo é # de quitina, enquanto a parede celular da célula vegetal é de celulose.

b) Dois benefícios causados pelos fungos são:
- realizam a fermentação alcoólica, o que é útil na produção de diversas bebidas, tais como a cerveja;
- possuem ação decompositora, ou seja, atuam ~~decompondo m~~ realizando a reciclagem da matéria orgânica.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Abaixo da Média

a) Os fungos ~~tem~~ ~~não~~ tem organelas mais primitivas, (~~que ficam soltos dentro da celula~~) e não muito variadas, diferente da célula animal animal, que é complexa e tem diferentes tipos de organela. A célula vegetal possui o ~~do~~ cloroplasto, e produz seu próprio alimento, enquanto os fungos precisam sugar de outros seres.

b) Os fungos servem para ~~criar~~ fazer parte de remedios e são decompositores da cadeia alimentar; ~~tem~~ Assim, apesar de causar doenças, eles podem curar outros e transformar matéria morta em ~~assimilizavel~~. nutriente.

Comentários

O objetivo da questão foi verificar, no item **a**, os conhecimentos básicos sobre as diferenças existentes entre as células dos fungos, de animais e de vegetais, e, no item **b**, os benefícios proporcionados pelos fungos aos humanos. O Índice de Facilidade da questão foi de 0,53, indicando grau de dificuldade médio. O Índice de Discriminação foi de 0,50, indicando que a questão permitiu uma ótima discriminação dos candidatos. No item **a**, um dos erros recorrentes foi considerar que as células dos fungos são mais primitivas, ou que apresentam organelas mais primitivas, ou ainda que são desprovidas da maioria das organelas citoplasmáticas. Neste mesmo item, observou-se que muitos candidatos consideram fungos organismos procariontes. No item **b**, os erros mais recorrentes foram confundir fermentação láctica com alcoólica e considerar o fungo um antibiótico ou mesmo vacina.

Questão 22

A história da doença de Chagas se inicia com uma tripla descoberta, ocorrida no interior de Minas Gerais. Em abril de 1909, Carlos Chagas (1878-1934) comunicou ao mundo científico a descoberta de uma nova doença humana. O agente causal da doença e seu vetor também haviam sido por ele identificados, ao final de 1908. A descoberta de Chagas, considerada única na história da medicina, constitui um marco decisivo na história da ciência e da saúde brasileiras, trazendo uma contribuição inovadora ao campo emergente da medicina tropical e dos estudos sobre as doenças parasitárias transmitidas por insetos.

A doença de Chagas ainda preocupa, principalmente os moradores de Abaetetuba, no nordeste do Pará. De acordo com a Secretaria de Saúde do Pará, só em agosto deste ano foram registrados 18 casos na região associados ao consumo de açaí. No total, 365 casos foram contabilizados de janeiro a agosto de 2012. Nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, a transmissão dessa doença já foi relacionada ao consumo de garapa.

a) Indique o agente causal da doença de Chagas e seu vetor descritos pelo pesquisador em 1908-1909. Explique a forma de transmissão dessa doença para humanos descrita por Chagas.

b) Explique como o consumo de açaí ou de garapa pode transmitir essa parasitose. Como seria possível impedir essa via de transmissão ao consumir esses alimentos?

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

A forma clássica de transmissão da doença para humanos ocorre por via vetorial. O barbeiro infectado com o protozoário *Trypanosoma. cruzi* defeca ao picar o homem e este, ao coçar a região picada, promove a entrada das formas parasitárias na pele.

b) **(2 pontos)**
A ingestão de açaí ou de garapa contaminados com as fezes do inseto transmite a doença. Para impedir essa via de transmissão do protozoário, os alimentos devem ser muito bem lavados e, se possível, escovados, desinfetados ou pasteurizados.

Exemplo Acima da Média

a) O agente causador da doença é o protozoário Trypanossoma cruzi e o seu vetor é o Triatoma infestans. O inseto transmissor contaminado com o agente patológico possui este protozoário em seu trato digestório. Ao picar uma vítima, o barbeiro, como é conhecido o vetor, deixa fezes contaminadas, as quais são espalhadas pela vítima no ato de coçar, o qual permite que o protozoário entre em contato com o ferimento provocado pelo inseto e caia na corrente sanguínea do homem.

B) O vetor da doença aloja-se neste tipo de vegetação, em folhas de açaízeiros ou cana. Ao deicar sobre elas, libera o protozoário e na colheita, passa despercebido a olho nu. Por isso, é necessário que haja a pasteurização desse tipo de alimento para que se inative o agente causal.

Exemplo Abaixo da Média

a) O agente causal da doença de Chagas é o mosquito e seu vetor é outro inseto. O mosquito causador insere o veneno (líquido contaminado) em outro insetos semelhante, o qual acaba depositando seus ovos já contaminados em alguma superfície como em algumas frutas, frutos e vegetais.

b) O consumo de açaí ou de garapa pode transmitir esse parasitose pois os insetos contaminados depositam os ovos nestes alimentos, em que o ser humano ao ingerir, ingeri juntamente os ovos contaminados, adquirindo a doença de Chagas.

Comentários

O assunto da questão, envolvendo parasitologia (item **a**) e conceito de saúde e profilaxia (item **b**), é bastante abordado no Ensino Médio. O Índice de Facilidade da questão foi de 0,60 – trata-se, portanto, de uma questão de dificuldade baixa/média. O Índice de Discriminação foi de 0,40, indicando uma discriminação média dos candidatos. No item **a**, foram frequentes as respostas que indicavam erroneamente o barbeiro como agente causal da doença e o *Trypanosoma cruzi* como vetor.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Questão 23

Para determinada espécie de planta, a cor das pétalas e a textura das folhas são duas características monogênicas de grande interesse econômico, já que as plantas com pétalas vermelhas e folhas rugosas atingem alto valor comercial. Para evitar o surgimento de plantas com fenótipos indesejados nas plantações mantidas para fins comerciais, é importante que os padrões de herança dos fenótipos de interesse sejam conhecidos. A simples análise das frequências fenotípicas obtidas em cruzamentos controlados pode revelar tais padrões de herança. No caso em questão, do cruzamento de duas linhagens puras (homozigotas), uma composta por plantas de pétalas vermelhas e folhas lisas (**P1**) e outra, por plantas de pétalas brancas e folhas rugosas (**P2**), foram obtidas 900 plantas. Cruzando as plantas de F1, foi obtida a geração F2, cujas frequências fenotípicas são apresentadas no quadro a seguir.

Cruzamento	Descendentes
P1 x P2	**900** plantas com pétalas vermelhas e folhas lisas (**F1**)
F1 x F1	**900** plantas com pétalas vermelhas e folhas lisas; **300** com pétalas vermelhas e folhas rugosas; **300** com pétalas brancas e folhas lisas; e **100** com pétalas brancas e folhas rugosas (**F2**)

a) Qual é o padrão de herança da cor vermelha da pétala? E qual é o padrão de herança do fenótipo rugoso das folhas? Justifique.

b) Qual é a proporção do genótipo duplo-heterozigoto (genótipo heterozigoto para os dois locos gênicos) em F2? Justifique.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**
O padrão de herança da cor vermelha da pétala é autossômico dominante e o de folhas rugosas é autossômico recessivo, pois os indivíduos duplo-heterozigotos de F1 apresentam pétalas vermelhas e folhas lisas.

b) **(2 pontos)**
A proporção de BbRr em F2 é de ¼ (ou 4/16 ou 25%). Para justificar a afirmação, o candidato poderia calcular a probabilidade de uma planta de F2 ser Bb (1/2) e a de que ela seja Rr (1/2), e indicar que a probabilidade de uma planta de F2 ser BbRr é calculada pela multiplicação das probabilidades anteriores (½ x ½ = ¼). O candidato poderia, alternativamente, apresentar o quadro de Punnett, mostrando a constituição genotípica de F2 e indicando os genótipos duplo-heterozigotos.

Exemplo Acima da Média

a) Padrão de herança da cor vermelha: Herança autossômica dominante, pois o cruzamento de plantas homozigotas vermelhas e homozigotas brancas resultou somente em vermelhas.

Padrão de herança do fenótipo rugoso: Herança autossômica recessiva, porque o cruzamento de P1 x P2 resultou somente em folhas lisas.

b) P1 x P2 → F1 (AaBb) F1 x F1 → F2

	AB	Ab	aB	ab
AB	AABB	AABb	AaBB	AaBb
aB	AaBB	AaBb	aaBB	aaBb
ab	AaBb	Aabb	aaBb	aabb
Ab	AABb	AAbb	AaBb	Aabb

duplo heterozigoto → 4
total → 16
proporção → $\frac{4}{16} = \frac{1}{4} = 0,25 = 25\%$

A proporção do genótipo duplo-heterozigoto é 25% ou $\frac{1}{4}$.

Exemplo Abaixo da Média

23a) O padrão de herança da cor vermelha da pétala é de 75% e o fenótipo rugoso das folhas é de 25%. então a herança da cor vermelha é 3/4 e a de pétalas rugosas é de 1/4

1600 — 100% 1600 — 100% → 75%
400 — x 1200 — x
→ 25%

b) P1: AAbb x P2: AaBB ⇒ F1: AaBb

F1 x F1
- 9/16: AaBb (vermelha lisa) : 900/1600
- 3/16: A_bb
- 3/16: aaB_
- 1/16: aabb

A_ : tem vermelho
aa: branco
B_: liso
bb: rugoso

Portanto a proporção é $\boxed{\frac{9}{16}}$

Comentários

Embora a questão trate de conceitos básicos de genética, seu Índice de Facilidade foi de apenas 0,36, um valor considerado mediano. O item **a** permitiu avaliar a habilidade do candidato em reconhecer padrões de herança de genes autossômicos ao analisar resultados de cruzamentos. Muitos candidatos apontaram a frequência do fenótipo em determinada geração em vez de identificar seu padrão de herança. No item **b**, o candidato deveria reconhecer que a questão se referia a dois genes de segregação independente e demonstrar habilidade em calcular a frequência de um determinado genótipo. Um erro frequente foi apresentar como resposta a frequência fenotípica e não a genotípica, o que sugere falha na compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo. A questão teve Índice de Discriminação de 0,54, tendo permitido uma ótima discriminação dos candidatos.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Questão 24

A endotermia surgiu ao longo da evolução como uma importante estratégia de sobrevivência. A rapidez na resposta a estímulos externos garante aos endotérmicos uma relevante vantagem adaptativa em relação aos ectotérmicos. Alguns estudos teóricos têm estimado, por exemplo, que o homem seria pelo menos dez vezes mais lento se não fosse capaz de manter sua temperatura corpórea constante e relativamente alta (em torno de 37°C). Por outro lado, o consumo de energia de um animal endotérmico é muito maior do que o de um animal ectotérmico de igual tamanho e peso.

a) Compare o comportamento de um mamífero e o de um lagarto em duas situações que permitam demonstrar as vantagens evolutivas associadas à endotermia.

b) A energia necessária para um vertebrado endotérmico manter seu metabolismo é fornecida pelos alimentos. O amido é uma importante fonte energética e está presente em vários alimentos. Explique como ocorre a digestão do amido e indique quais são as menores moléculas resultantes dessa digestão.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

Diferentes situações podem ser consideradas nessa questão. Abaixo estão listadas algumas possibilidades de resposta.

Um mamífero (animal endotérmico) em situação de perigo (por exemplo, ameaça de predação) consegue fugir mais rapidamente, já que seu metabolismo permite rápida resposta, enquanto o lagarto (animal ectotérmico) seria mais vulnerável ao perigo iminente, pois sua resposta é mais lenta e dependente das condições ambientais. (Poderia ser também considerada uma situação de obtenção de alimento que exigisse habilidade e rapidez.)

Em uma condição de frio intenso, o mamífero (animal endotérmico) consegue manter fisiologicamente sua temperatura corporal constante, sem a necessidade de grandes alterações de comportamento, já o lagarto (animal ectotérmico) ajusta sua temperatura corporal por meio de estratégias comportamentais, procurando lugares ensolarados ou locais mais quentes, ficando, portanto, mais vulnerável do que o mamífero. (Poderia ser também considerada uma situação de calor intenso, em que o lagarto teria que buscar lugares com temperaturas mais amenas.)

b) **(2 pontos)**

Para responder a esse item, era essencial citar a participação da amilase salivar e da amilase pancreática na digestão do amido. As menores moléculas resultantes dessa digestão são moléculas de glicose.

Exemplo Acima da Média

a) Em um local frio o mamífero é capaz de manter sua temperatura constante e se movimentar com relativa rapidez para caçar ou fugir de predadores por exemplo; enquanto um lagarto ~~perderia~~ teria sua temperatura baixa como a do ambiente, teria que encontrar o local menos frio e tentar absorver calor do ambiente, tendo seus movimentos muito lentos e provavelmente não sobreviveria após um tempo.

Em um local com extremos variações de temperatura como o deserto, o lagarto necessitaria absorver o máximo de calor possível durante o dia (quente) e não se mover muito para não perdê-lo à noite (frio), enquanto o mamífero poderia regular sua temperatura e manter seus movimentos constantemente.

b) A digestão inicia na boca com a ação da amilase salivar, que hidrolisa parte do amido em maltose. No intestino, o suco pancreático possui mais amilase que irá digerir o restante do amido em maltose. Por fim, a maltase presente no suco entérico quebra as moléculas de maltose produzindo glicose, a menor molécula resultante da digestão do amido.

Exemplo Abaixo da Média

a) Os mamíferos consomem mais carboidratos do que os répteis. Rapidez na digestão e maior complexidade do organismo.

b) Amidos quando digeridos originam proteínas, as quais são quebradas para o ~~fonte~~ fornecimento de energia. ~~A digestão~~ A digestão do amido inicia-se mecanicamente, na boca, e termina quimicamente, sob efeito das ~~amido~~ amilases, no estômago.

Comentários

A questão cobrou conceitos de comportamento e de fisiologia, e foi considerada de dificuldade elevada, com Índice de Facilidade de 0,21. Embora o item **a** trate do controle da temperatura corpórea em animais endotérmicos e ectotérmicos, um tema considerado clássico no ensino de Biologia, as respostas dadas pelos candidatos indicaram grande dificuldade na identificação dos comportamentos adotados pelos lagartos para controlar sua temperatura. Muitos discorreram sobre as vantagens da endotermia sem apresentar a comparação solicitada. No item **b**, foi frequente a indicação errônea de aminoácidos, proteínas, lipídios e ácidos graxos como as menores moléculas resultantes da digestão do amido. A questão como um todo apresentou moderado poder de discriminação (Índice de Discriminação igual a 0,32).