

2011
vestibular nacional
UNICAMP

2ª Fase

Ciências da Natureza

INTRODUÇÃO

A prova de Ciências da Natureza procura focalizar aspectos fundamentais da Biologia, de Química e de Física, ao mesmo tempo em que privilegia a presença desse conhecimento nas situações cotidianas.

As questões de Biologia versam sobre aspectos diversos como a biotecnologia, envolvendo temas atuais sobre o uso de bactérias na produção de moléculas; a fisiologia, abordando a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio em aves que voam em grandes altitudes; a botânica, tratando da polinização, da fisiologia e da fotossíntese; a biologia celular, relacionando alterações celulares em meios hipertônicos e hipotônicos; a ecologia e a evolução, exigindo uma interpretação correta de gráfico para explicar a variação de população de animais predados por aves. Como se vê, a prova foi abrangente na área de Biologia, cobrindo suas diferentes subáreas. Os resultados obtidos pelos candidatos, nessa parte da prova, mostram que pouca atenção é dada no ensino médio para temas que frequentemente aparecem na mídia, como a biotecnologia. Por outro lado, questões de conteúdo mais básico, geralmente bem explorado em livros do ensino médio, apresentaram um índice de acertos bem maior.

As questões de Química focalizam aspectos fundamentais do conhecimento químico e sua aplicação em situações do cotidiano. Especificamente nessa prova, as situações focalizadas envolvem aspectos de relevância social mais abrangente, como o aquecimento global e suas consequências ambientais. Há questões relacionadas a problemas mundiais como o aquecimento global, a obesidade e o consumo de energia, a ética na produção de alimentos. Há também questões mais específicas como o desenvolvimento de produtos alimentícios e de higiene pessoal. Essas questões, de forma geral, envolvem conhecimentos fundamentais e básicos de Química, e estão relacionadas a uma discussão crítica da origem do problema ou de sua solução, via de regra pelo uso dos novos conhecimentos da Ciência e da Tecnologia. Conhecimento relativo à linguagem química, conceitos de equilíbrio químico, interações intermoleculares, conceitos ácido-base, cálculo estequiométrico, equações químicas e energia permeiam os vários itens da prova. As questões procuram explorar a interpretação correta de figuras, gráficos e tabelas, além de uma adequada leitura e interpretação de texto.

No tocante aos conhecimentos de Física, as questões estão contextualizadas em várias temáticas atuais: o uso de cintos de segurança em veículos de passeio, os brinquedos em parques de diversão, ferramentas especializadas de uso cotidiano, a Radiação Cerenkov, os cem anos da descoberta da supercondutividade, as propriedades do grafeno (objeto de pesquisa do prêmio Nobel de Física de 2010), a aplicação de dispositivos termoeletrônicos e o fenômeno da Aurora Boreal. Em geral, essas questões procuram avaliar a habilidade e a competência dos candidatos na interpretação de textos, na correta aplicação de equações fundamentais, na análise de gráficos, à luz dos conceitos básicos do ensino médio. Dessa forma, são abordados conceitos fundamentais de mecânica como cinemática, movimento circular, movimento harmônico simples, conservação de energia e trabalho, Leis de Newton, torque e equilíbrio estático, força e pressão. Também são abordados conteúdos relacionados à eletricidade, magnetismo e termodinâmica. A Física Moderna, em conjunto com conceitos de conservação do momento linear e ondulatória, também aparece na prova; apesar de não fazer parte do programa do ensino médio, todos os conceitos necessários para a solução da questão são fornecidos no enunciado. A leitura de gráficos e figuras também é exigida na prova. Em várias questões, relações ou definições importantes são fornecidas no enunciado, exigindo-se apenas que sejam utilizadas de forma adequada na resolução do exercício. A decisão da Comissão de Vestibular da Unicamp de elaborar questões interativas entre as diferentes áreas do conhecimento na 1ª fase, e, agora na 2ª fase, de reunir as questões de Biologia, Física e Química em uma única prova de Ciências da Natureza, sinaliza para a importância de se olhar para essas grandes áreas, como áreas que precisam ser tratadas conjuntamente dentro das Ciências da Natureza.

Questão 1

Doenças graves como o botulismo, a lepra, a meningite, o tétano e a febre maculosa são causadas por bactérias. As bactérias, no entanto, podem ser úteis em tecnologias que empregam a manipulação de DNA, funcionando como verdadeiras “fábricas” de medicamentos como a insulina.

- a) Explique como a bactéria pode ser utilizada para a produção de medicamentos.
- b) O botulismo e o tétano decorrem da ação de toxinas produzidas por bactérias que são adquiridas de diferentes formas pelos seres humanos. Como pode ocorrer a contaminação por essas bactérias?

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Segmentos de DNA com informação para produzir determinado polipeptídeo (medicamento) podem ser inseridos no plasmídeo de bactérias, constituindo um DNA recombinante. Essas bactérias passam, então, por várias divisões celulares, aumentando a quantidade de material genético com informação para sintetizar determinado fármaco. Esse segmento de DNA começa a transcrever, produzindo RNAm para sintetizar o polipeptídeo.

b) (2 pontos)

O botulismo é contraído ao se ingerir enlatados mal conservados, salsichas, bolinhos de carne, camarão contaminados. O tétano é contraído quando se tem ferimentos profundos na pele, que entrem em contato com terra ou com objeto contaminado com esporos da bactéria.

Exemplo Acima da Média

a) A bactéria pode ser utilizada para a produção de medicamento através da técnica de DNA recombinante, na qual os genes responsáveis para a produção de algum componente do medicamento, o exemplo do gene da insulina, são incorporados ao DNA das bactérias que reproduzem-se assiduamente, sem alterações no DNA e de forma muito rápida, produzindo, assim, o medicamento.

b) A contaminação pelas bactérias botulínicas pode ocorrer a partir da ingestão de alimentos contaminados, sobretudo, alimentos enlatados, já que essas embalagens criam-se meios de cultura para essas bactérias.

Já a contaminação pelas bactérias causadoras do tétano ocorre pelo contato com objetos contaminados ferimento causado por objetos contamináveis. Essas bactérias atingem as camadas mais profundas da pele, onde há menor concentração de O₂, ideal para sua sobrevivência.

Exemplo Abaixo da Média

a.) A bactéria tem exoesqueleto de quitina (que é um tipo de açúcar), por isso podem ser utilizadas na fabricação de insulina.

b- A contaminação entre as seguintes bactérias pode vir através de um vírus que passa de um ser humano para outro.

Comentários

A questão foi difícil, com IF de 0,21, e de discriminação moderada, pois o ID foi de 0,33. Em seu item **a**, a questão envolve biotecnologia, que, embora seja um assunto muito frequente nos meios de comunicação, e também presente nos livros didáticos, mereceu pouco interesse dos estudantes, considerando a grande quantidade de respostas erradas. Apesar da dificuldade da questão, foram encontradas respostas muito boas citando a técnica do DNA recombinante, a inserção de segmento de DNA no DNA da bactéria, e a alta capacidade de multiplicação das bactérias, o que viabiliza seu uso na produção de medicamentos como a insulina. O erro mais comum neste item foi a afirmação de que as bactérias seriam usadas nesse caso para a produção de vacinas ou de anticorpos. Não faltaram confusões como referir-se ao código genético como sinônimo de fita de DNA; também não faltaram respostas absurdas, para citar um exemplo, um candidato escreveu que o exoesqueleto da bactéria contém quitina, que seria utilizada para fabricar insulina.

No item **b**, que trata das vias de contaminação do botulismo e tétano, um erro bastante comum foi dar como resposta uma única via para explicar tanto a intoxicação que causa o botulismo como a infecção que causa o tétano. Muitas respostas estavam certas com relação ao tétano, mas erradas com relação ao botulismo.

De modo geral a questão foi extensamente respondida, mas de forma incompleta ou com conceito errado, o que levou à baixa margem de acerto.

Questão 2

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a habitar o meio terrestre. Provavelmente surgiram de peixes crossopterígeos que eventualmente saíam da água à procura de insetos. Antes de ganharem o meio terrestre, esses ancestrais dos anfíbios passaram por modificações em sua estrutura e em sua fisiologia.

- a) Mencione duas modificações importantes nessa transição.
- b) Os anfíbios são classificados em três ordens: Gymnophiona ou Apoda (cobras cegas), Urodela (salamandras) e Anura (sapos, rãs e pererecas). Mencione uma característica exclusiva de cada uma delas.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Desenvolvimento dos pulmões para utilizar o oxigênio do ar, adaptação da epiderme com glândulas capazes de manter a pele constantemente úmida, desenvolvimento de membros para locomoção.

b) (2 pontos)

Apoda: ausência de membros locomotores, corpo cilíndrico, olho vestigial. Urodela: cauda desenvolvida. Anura: sem cauda, membros posteriores adaptados para o salto.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) No que tange a modificações estruturais, os anfíbios perderam suas nadadeiras e ganharam patas para andar no ambiente terrestre. Em relação as alterações em sua fisiologia, os anfíbios adquiriram respiração pulmonar, mesmo que ainda pouco desenvolvida. Porém, os anfíbios sustentam-se no ambiente terrestre úmido, por apresentarem fecundações externas e ovos sem casca calcárea. Para compensar a respiração pulmonar não muito desenvolvida, apresentam também respiração cutânea.

b) A ordem Anura (sem cauda) alguns anfíbios sem patas, a ordem Gymnophiona apresenta seres que perderam suas caudas durante o desenvolvimento, que é indistinto. Já a ordem Urodela apresenta as duas características perdidas pelas outras ordens, cauda e patas. Os salamandras, exemplo dessa ordem, muito se assemelham com os próximos vertebrados a surgir, os répteis.

Exemplo Abaixo da Média

a) Os anfíbios podem se assemelhar com as briófitas, pois ambas ~~são~~ habitam o meio terrestre, mas necessitam de água para a sua reprodução. Quando girinos habitam o meio aquático, mas conforme ^{ocorre} ~~há~~ modificações estruturais e fisiológica passam a habitar o meio terrestre.

b) Apoda: não obtêm membros e são invertebrados.

Urodela: são vertebrados e tem membros.

Anuro: ainda precisam do água para respirar na pele ~~e~~ mas também há a presença de pulmões.

Comentários

O objetivo dessa questão foi avaliar conhecimentos sobre a classificação dos anfíbios e sobre as características adaptativas relacionadas ao surgimento dos Tetrapoda. O grau de dificuldade da questão foi considerado médio, sendo a nota 2 a mais comum, e o IF foi de 0,49. O item **b** foi o de maior dificuldade e várias respostas apontaram os Apoda como invertebrados. O poder de discriminação da questão foi moderado.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Questão 3

As aves migratórias voam muitas vezes a grandes altitudes e por longas distâncias sem parar. Para isso, elas apresentam adaptações estruturais e também fisiológicas, como a maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio.

- Explique a importância da maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio nas aves migratórias.
- Indique duas adaptações estruturais que as aves em geral apresentam para o voo e qual a importância dessas adaptações.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Como essas aves voam em altitudes em que o ar é mais rarefeito e, portanto, apresenta menor concentração de oxigênio, é importante que tenham hemoglobina com alta afinidade por oxigênio, a fim de aproveitar ao máximo as moléculas de oxigênio disponíveis.

b) (2 pontos)

Pena, saco aéreo, asas, esqueleto poroso (ossos pneumáticos).

Penas: estruturas leves e resistentes, que facilitam o voo.

Sacos aéreos: estruturas que se ligam a canalículos (parabrônquios) ligados aos pulmões.

Asas: seu batimento é importante para a propulsão durante o voo.

Esqueleto poroso: muito leve, pois suas cavidades são ligadas a canalículos ligados aos pulmões, permitindo grande circulação de ar.

Exemplo Acima da Média

a) Pelo fato de voarem a grandes altitudes, onde o ar é mais rarefeito, a maior afinidade de sua hemoglobina pelo oxigênio é uma característica importante para otimizar a captação de O_2 em altitudes onde esse se encontra em menor quantidade.

b) Uma adaptação das aves ao voo é a presença de sacos aéreos, que além de auxiliar na respiração devido à maior absorção de AR , também diminui a densidade da ave, o que contribui para uma melhor aerodinâmica e sustentabilidade no ar. Outra adaptação é a presença de ossos porosos, que são, por serem mais leves, facilitam o vôo e ~~permitem~~ diminuem o esforço físico do batimento das asas, que dependem dos músculos da própria ~~asa~~ asa e dos músculos do esterno em formato de quilha.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Abaixo da Média

a) A maior afinidade com a hemoglobina se deve ao fato de que são importantes para manter a temperatura do corpo das aves estável, sem contar o fato de que o oxigênio para difundir do ar para as aves.

b) Duas adaptações estruturais que as aves em geral apresentam para o voo são: os ossos, que fazem com que as aves tenham um peso leve e o bico, que facilita a captura de alimentos durante o voo.

Comentários

O Índice de Facilidade dessa questão foi médio (IF=0,49) e a discriminação foi moderada (ID=0,49). A questão aborda, em sua primeira parte, aspectos fisiológicos relacionados com a afinidade da hemoglobina pelo oxigênio; na segunda parte, são pedidas duas adaptações estruturais e sua importância. Foi uma questão bem respondida, com média geral em torno de 1,96. Muitas respostas enfatizaram a importância da maior afinidade de hemoglobina pelo oxigênio em altitudes, onde a concentração de oxigênio é menor; outros completaram afirmando que seria uma forma de se evitar que a respiração anaeróbica ocorresse no tecido muscular da ave durante o voo. Alguns candidatos responderam erradamente que a maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio seria para manter a temperatura corporal das aves. Outro erro foi afirmar que a maior afinidade de oxigênio pela hemoglobina causaria um maior armazenamento de oxigênio no sangue, o que deixaria a ave mais leve para voar. No segundo item, muitos candidatos identificaram as duas estruturas, mas não explicaram sua importância. Outros citaram as estruturas, como a presença de bico ao invés de mandíbula e ausência de bexiga mas as relacionaram indiretamente com o voo.

Questão 4

A polinização geralmente ocorre entre flores da mesma planta ou entre flores de plantas diferentes da mesma espécie, caracterizando a polinização ou fecundação cruzada. Como a maioria das flores é hermafrodita (monóclina), há mecanismos que evitam a autopolinização (autofecundação).

- Explique um dos mecanismos que dificultam ou evitam a autopolinização.
- Qual a importância dos mecanismos que evitam a autopolinização?

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

- Amadurecimento de ovário e estames em épocas diferentes. (Dicogamia, que pode ser protoginia – pistilo, gineceu ou ovário amadurecem primeiro; ou protandria – estames amadurecem primeiro.)
- Barreira física que impede a autofecundação (hercogamia). Um exemplo é a heterostilia, posição diferente entre estames e estigma.
- Grãos de pólen de uma planta incompatíveis com pistilos de suas próprias flores (autoincompatibilidade genética).

b) (2 pontos)

Evitando a autofecundação, a planta força a fecundação cruzada, mecanismo que aumenta a possibilidade de se formarem novas combinações gênicas nos descendentes.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) Um dos mecanismos que dificultam ou evitam a autopolinização nas flores monoclinas é a protandria. Esse mecanismo consiste no amadurecimento anterior dos androceu em relação ao gineceu. Ou seja, ~~o~~ a estrutura de reprodução masculina - ~~o~~ androceu - se desenvolve e amadurece em época diferente da estrutura feminina (gineceu), ~~o~~ impedindo assim que o grão de pólen (ou gametófito jovem) fecunde o óvulo da mesma flor.

b) A importância dos mecanismos que evitam a autopolinização é a de garantir a fecundação cruzada, permitindo, assim, ~~o~~ maior variabilidade genética para a espécie. Uma maior variabilidade genética assegura mais chances de determinada espécie sobreviver às pressões e mudanças do meio.

Exemplo Abaixo da Média

a) A distância milimétrica entre o órgão masculino (androceu) e o órgão feminino (gineceu).

b) Evitam a explosão no número de indivíduos da mesma espécie.

Comentários

A questão refere-se aos mecanismos que dificultam ou evitam a ocorrência de autopolinização, bem como à sua importância. A questão foi de dificuldade média ($IF=0,38$) e teve Índice de Discriminação moderado para forte ($ID=0,6$). O enunciado era bastante claro e direto, não deixando dúvidas sobre o que deveria ser respondido. No item **a** o candidato deveria mencionar qualquer um dos três mecanismos mais frequentes que evitam a autopolinização. Os erros mais comuns neste item foram: citar a diferença de altura entre gametas e gametófitos; mencionar a presença de folhas, sépalas, entre outros órgãos como barreira física; citar mecanismos que promovem polinização cruzada ao invés dos que impedem a autopolinização. No item **b** o candidato deveria apontar a principal consequência dos mecanismos que evitam autopolinização que é promover a variabilidade genética por meio da polinização cruzada. Os erros mais comuns foram: não responder completamente à questão, não citando a polinização cruzada como responsável por promover a variabilidade

CIÊNCIAS DA NATUREZA

genética; usar “variabilidade de espécies”, “da planta” ou “biodiversidade” ao invés de “variabilidade genética”.

Questão 5

As substâncias orgânicas que nutrem as plantas são produzidas por meio da fotossíntese em células dotadas de cloroplastos, localizadas principalmente nas folhas. Nesse processo, que tem a luz como fonte de energia, moléculas de água (H₂O) e de gás carbônico (CO₂) reagem, originando moléculas orgânicas. As moléculas de água são absorvidas principalmente através da raiz, e o CO₂, através dos estômatos.

- a) A abertura dos estômatos depende de diversos fatores ambientais. Cite um fator ambiental que afeta a abertura estomática e explique como isso ocorre.
- b) Que processo permite que a planta utilize parte das substâncias orgânicas produzidas na fotossíntese como fonte de energia para suas células? Em que consiste esse processo?

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Fatores ambientais: luminosidade, concentração de CO₂, disponibilidade de água. Na presença de luz ou com baixa concentração de CO₂, havendo disponibilidade de água, ocorre a passagem de K⁺ das células subsidiárias para as células-guarda, levando a um aumento na concentração desses íons, com consequente turgescência das células-guarda e abertura do ostíolo.

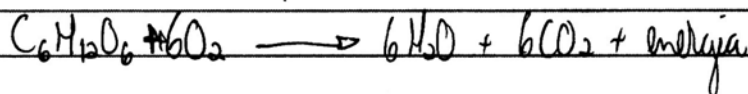
b) (2 pontos)

Respiração. Consiste na quebra da molécula de glicose em CO₂ e H₂O e armazenamento da energia das ligações químicas do açúcar em moléculas de ATP.

Exemplo Acima da Média

a) Um fator ambiental que determina a abertura dos estômatos é a quantidade de luz presente no ambiente. O mecanismo fotossintético age de forma a deixar as células estomáticas mais concentradas de K⁺. Essa maior concentração estimula a entrada de água por osmose tornando a célula turgida e, por conseguinte, abrindo o estômato. É importante ressaltar que a abertura se dá em presença de luz; a ausência desta determina o fechamento dos estômatos.

b) O processo é o da respiração celular. Por meio deste, a planta pode obter energia na forma de ATP, através da quebra da glicose, num processo contrário ao da fotossíntese. A equação abaixo representa o processo:



CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Abaixo da Média

a) A umidade do ar interfere na abertura estomática porque num ambiente úmido há com que a planta abra-se mais água por osmose, levando-a até os estômatos que, por apresentarem uma parede mais rígida que a outra, abrem.

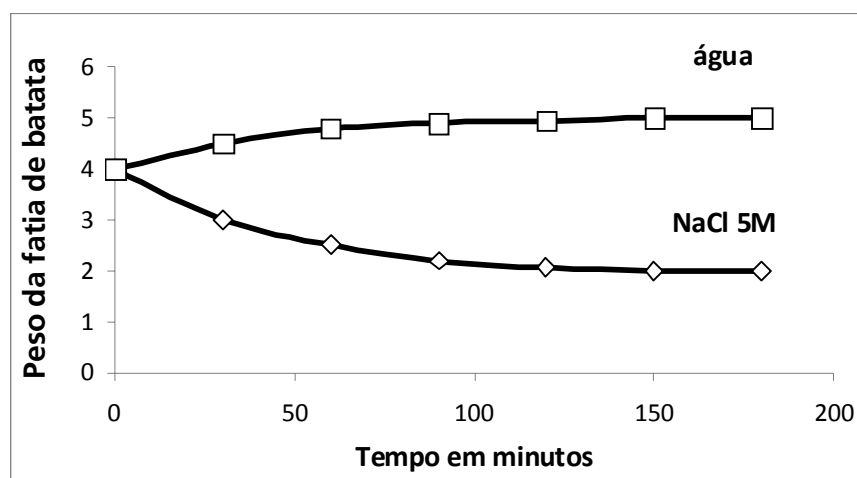
b) A condução de seiva elaborada (rica em substâncias orgânicas) se dá por meio do vaso do floema. A seiva elaborada produzida principalmente na copa da árvore sofre ação da gravidade e percorre os poucos os vasos do floema percorrendo a região de todas as células da planta.

Comentários

A questão exigia conhecimentos de bioenergética, fotossíntese e abertura estomática. Foi de dificuldade média e teve ID moderado. A formulação objetiva da questão não deu margem a um gabarito aberto, o que facilitou a correção. No item **a** o candidato deveria citar pelo menos um fator ambiental que afeta a abertura estomática e explicar como este processo ocorre, em termos de transporte de íons e osmose. Os principais erros neste item foram: referir-se à umidade do ar como fator ambiental e explicar a estrutura do estômato, e não o mecanismo celular que envolve a abertura. No item **b** o candidato deveria explicar como a respiração celular acontece mencionando os produtos gerados na fotossíntese são utilizados para produção de energia/ATP. Os principais problemas com este item foram a cópia do enunciado da questão como resposta e a afirmação de que o processo consistia na produção de seiva bruta ou elaborada.

Questão 6

Duas fatias iguais de batata, rica em amido, foram colocadas em dois recipientes, um com NaCl 5M e outro com H₂O. A cada 30 minutos as fatias eram retiradas da solução de NaCl 5M e da água, enxugadas e pesadas. A variação de peso dessas fatias é mostrada no gráfico abaixo.



- a) Explique a variação de peso observada na fatia de batata colocada em NaCl 5M e a observada na fatia de batata colocada em água.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

- b) Hemácias colocadas em água teriam o mesmo comportamento das células da fatia da batata em água? Justifique.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Em água houve aumento de peso da fatia de batata porque esta é hipertônica em relação à água. Assim, moléculas de água passarão para o interior das células da batata. No caso da imersão em NaCl 5M, a água da batata vai sair, pois a fatia de batata está em um meio hipertônico.

b) (2 pontos)

As hemácias se romperiam, pois, diferentemente das células da batata, elas não têm parede celular, que manteria a integridade da célula.

Exemplo Acima da Média

a) As variações ocorrem graças ao processo de osmose, uma forma de transporte não-ativo, ou seja, sem gasto de energia. Na batata colocada em água, como a batata era o meio mais concentrado, as moléculas de água passaram pelas membranas semi-permeáveis das células da batata, deixando-as túrgidas. Já no caso da batata colocada na solução de NaCl ocorre o oposto: como a solução é mais concentrada que a batata, esta perderia água, diminuindo seu volume.

b) Até um certo ponto, sim, pois ambas inchariam, mas, como as hemácias não possuem parede celular, nada as impediria de sofrer lise, rompendo sua membrana celular e matando-as.

Exemplo Abaixo da Média

a) Como observado no gráfico ao longo da passagem do tempo percebe-se que a batata com água foi se tornando cada vez mais pesada e a com NaCl (sal) 5M tornou-se mais leve. O mesmo acontece no Mar Morto, onde há uma grande quantidade de sal (NaCl), onde as pessoas não afundam pois o mesmo, sal, deixa-as mais leves.

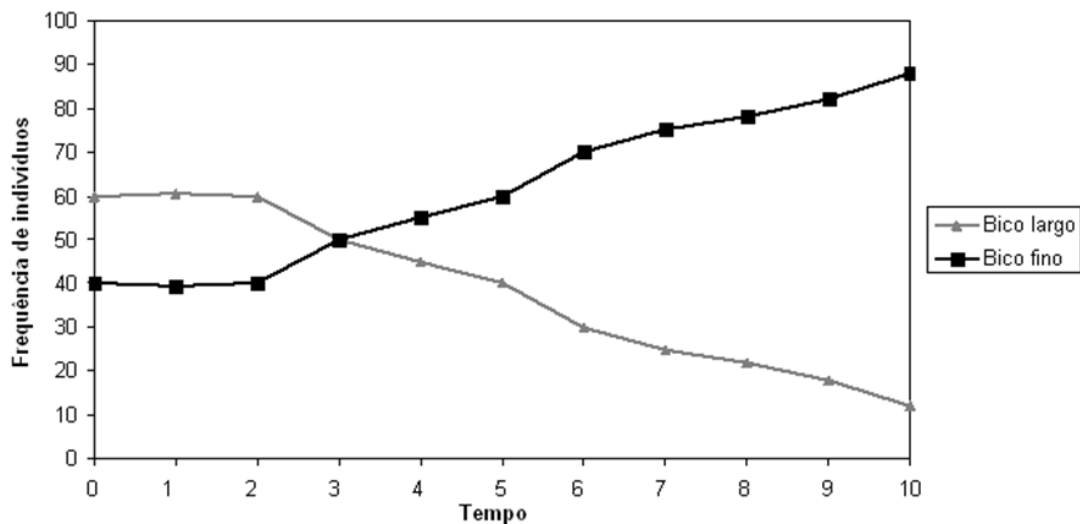
b) Sim, pois uma hemácia ao ser colocada em água, absorve essa água e torna-se túrgida, já uma célula mergulhada em NaCl 5M, perderia água, ocorrendo o processo de osmose onde o meio menos concentrado perde água para o mais concentrado, pois o sal retira os nutrientes da célula.

Comentários

A questão foi de dificuldade média (IF=0,5) e teve Índice de Discriminação moderado para forte (ID=0,64). O item **a** da questão era uma interface da Biologia e da Química, exigindo que o candidato relacionasse as duas áreas do conhecimento. Embora a questão fosse de nível fácil, neste item as respostas foram longas e em geral indiretas e sem poder de síntese, e por isso confusas. Muitos conceitos se mostraram desconhecidos ou confusos para grande parte dos candidatos (como soluções hipertônicas e hipotônicas; solvente e soluto; osmose e difusão; transporte ativo e passivo; concentração, pressão e gradiente). No item **b**, de Biologia Celular, foi exigido o conhecimento estrutural de células animais e vegetais. Este item foi menos respondido que o **a**, sendo que muitas vezes os candidatos apenas repetiam o que já haviam respondido no item **a** e não respondiam ao que foi perguntado no item **b**.

Questão 7

O gráfico abaixo mostra a variação ao longo do tempo na frequência de dois fenótipos, relativos à forma do bico de uma espécie de ave. Os pesquisadores notaram uma relação dessa variação fenotípica com uma alteração na disponibilidade de diferentes tipos de organismos predados por essas aves e atribuíram a variação observada à seleção natural.



- a) Explique como a variação em populações de presas pode causar as mudanças nas frequências dos fenótipos mostradas no gráfico.
- b) Como o darwinismo explica o mecanismo de adaptação como parte do processo evolutivo?

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

O fenótipo bico fino passou a ser favorecido ao longo do tempo, o que acarretou um aumento em sua frequência e conseqüente diminuição da frequência de indivíduos com bico largo. Esse fato pode estar relacionado com uma maior disponibilidade de presas mais facilmente obtidas pelas aves com bico fino, situação que não ocorria no início do período em estudo.

b) (2 pontos)

Ao longo do tempo, indivíduos com características adaptativas (favorecidos pelo ambiente) deixam maior número de descendentes também portadores dessas características, que passam a ser cada vez mais frequentes, permitindo que a espécie fique adaptada à nova condição ambiental.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) A variação na população de pombos pode favorecer um determinado fenótipo que, por conta de suas características, teria mais facilidade em capturar a preda. Indivíduos com tais fenótipos se alimentariam melhor e poderiam gastar mais tempo e perpetuar seus genes com maior eficiência que indivíduos com outros fenótipos. No caso apresentado, é o que pode ter acontecido com indivíduos de bico fino. Com o tempo, o fenótipo que tem mais êxito em se reproduzir passou a ~~se~~ aparecer com maior frequência.

b) Para Darwin as espécies possuem indivíduos que são mais adaptados a certos ambientes. ~~Os mais fracos são~~ Os menos adaptados morrem e não deixam herdeiros enquanto os mais adaptados se reproduzem e povoam a área. A cada alteração ambiental ou ecológica os mais adaptados sobrevivem e assim sucessivamente. Um exemplo são as mariposas escuras que habitavam regiões com alta poluição (e as mariposas claras eram mais facilmente identificadas e morriam).

Exemplo Abaixo da Média

a) Com a variação em populações de pombos ocorreu mudanças dos fenótipos, como o aumento de indivíduos de bico fino, assim como o tempo foi aumentado também, e com a diminuição de indivíduos de bico largo e consequentemente o tempo também diminuiu.

b) Darwin, explicaria que ao longo do tempo com o uso demasiado de bico fino, todas as aves estavam com o bico fino.

Comentários

O objetivo da questão foi avaliar conhecimentos básicos sobre o processo adaptativo e a influência da predação na seleção de características adaptativas. O IF da questão foi de 0,57 e, portanto, seu grau de dificuldade foi considerado médio. Um erro extremamente comum foi o de apresentar a explicação lamarckista (herança de caracteres adquiridos; lei do uso e desuso) para o processo em análise. A questão permitiu uma discriminação moderada dos candidatos.

Questão 8

No início do século XX, o austríaco Karl Landsteiner, misturando o sangue de indivíduos diferentes, verificou que apenas algumas combinações eram compatíveis. Descobriu, assim, a existência do chamado sistema ABO em humanos. No quadro abaixo são mostrados os genótipos possíveis e os aglutinogênios correspondentes a cada tipo sanguíneo.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Tipo sanguíneo	Genótipo	Aglutinogênio
A	$I^A I^A$ ou $I^A i$	A
B	$I^B I^B$ ou $I^B i$	B
AB	$I^A I^B$	A e B
O	ii	Nenhum

- a) Que tipo ou tipos sanguíneos poderiam ser utilizados em transfusão de sangue para indivíduos de sangue tipo A? Justifique.
- b) Uma mulher com tipo sanguíneo A, casada com um homem com tipo sanguíneo B, tem um filho considerado doador de sangue universal. Qual a probabilidade de esse casal ter um(a) filho(a) com tipo sanguíneo AB? Justifique sua resposta.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Apenas os tipos A e O, pois são os tipos sanguíneos cujas hemácias não têm aglutinogênio B, e por isso não ocorre aglutinação de hemácias por reação de antígeno B com a aglutinina anti-B presente no plasma de indivíduos de tipo sanguíneo A.

b) (2 pontos)

Se o filho é doador universal, seu genótipo é ii. Portanto, os genótipos da mãe e do pai são $I^A i$ e $I^B i$, respectivamente, logo, a probabilidade de o casal ter um(a) filho(a) com tipo sanguíneo AB é de 25%.

Exemplo Acima da Média

ⓐ) Indivíduos de sangue tipo A só podem receber sangue A e O. Isso porque tanto os indivíduos de sangue B quanto AB possuem o aglutinogênio B, e o sangue A possui aglutinina anti-B, ou seja, o aglutinogênio B reagirá com a aglutinina anti-B e o paciente terá reação ao sangue. O sangue tipo A pode receber esse mesmo tipo pois as características são as mesmas, mas só pode receber sangue tipo O em pequenas quantidades. Apesar de não ter nenhum aglutinogênio, o sangue O possui aglutininas anti-A e anti-B que, em altas quantidades, pode reagir com o aglutinogênio A e o paciente ter reação.

(b) O tipo sanguíneo doador universal é o O, pois ele não tem aglutinogênio. Então, se um casal de sangue A e B teve um filho O (ii), então a mãe possui genótipo $I^A i$ e o pai, $I^B i$. No cruzamento entre os dois genótipos, temos:

		$I^A i \times I^B i$		
$\begin{matrix} \text{Mãe} \\ \text{Pai} \end{matrix}$	I^A	i		Logo, a probabilidade de cada genótipo é de $\frac{1}{4}$. Assim, a probabilidade do genótipo AB é a mesma do genótipo $I^A I^B$, que é de $\frac{1}{4} = 25\%$.
	I^B	$I^A I^B$	$I^B i$	
	i	$I^A i$	ii	

Exemplo Abaixo da Média

a) Indivíduos de sangue tipo A podem receber sangue de tipo A, AB e O. A e AB contém o aglutinogênio A e o sangue O é doador universal.

b) P: mulher: $I^A i$ x $I^B i$ homem
F₂ $I^A I^B, I^A i, I^B i, ii$ → filho doador universal

A probabilidade é de 1/3 pois já tem o filho ii

Comentários

O objetivo da questão foi avaliar conhecimentos básicos sobre a aglutinação de hemácias acarretada pelos antígenos do sistema ABO e sobre o padrão de herança dos tipos sanguíneos relativos a esse sistema. A questão foi considerada fácil (IF = 0,68), mas erros muito frequentes foram notados em relação aos conceitos de alelo e genótipo. Outro erro comum relativo ao item **b** foi apresentar o cálculo da probabilidade de o casal ter um(a) filho(a) com tipo sanguíneo O, em vez do tipo sanguíneo AB, como pedia a questão. O poder de discriminação da questão foi moderado (ID = 0,46).

Questão 9

Uma maneira de se produzir ferro metálico de uma forma “mais amigável ao meio ambiente” foi desenvolvida por dois cientistas, um norte-americano e um chinês, que constataram a surpreendente solubilidade dos minérios de ferro em carbonato de lítio líquido, em temperaturas ao redor de 800 °C. No processo, a eletrólise dessa solução, realizada com uma corrente elétrica de alta intensidade, leva à separação dos elementos que compõem os minérios e à produção do produto desejado.

- a) O artigo que relata a descoberta informa que os elementos que formam o minério são produzidos separadamente em dois compartimentos, na forma de substâncias elementares. Que substâncias são essas? Dê os nomes e as fórmulas correspondentes.
- b) O processo atual de obtenção de ferro consiste na utilização de alto forno, que funciona a uma temperatura entre 1300 e 1500 °C, com adição de carbono para a reação de transformação do minério. Considerando todas as informações dadas, apresente duas diferenças entre o processo atual e o novo. Explique, separadamente, como essas diferenças justificam que o novo processo seja caracterizado como “mais amigável ao meio ambiente”.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

As substâncias são: o Ferro metálico - Fe e o oxigênio gasoso - O₂.

b) (2 pontos)

O processo atual emite CO₂ e o processo novo não emite CO₂, um gás poluente da atmosfera e que contribui para o efeito estufa.

O processo atual exige uma temperatura entre 1300 e 1500 °C enquanto o novo processo exige uma temperatura de apenas 800 °C, o que leva a um consumo menor de energia.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) O minério de ferro pode ser Fe_2O_3 (hematita) e Fe_3O_4 (magnetita). Assim, as substâncias elementares produzidas são o gás oxigênio (O_2) e o ferro metálico (Fe).

b) Uma diferença entre os processos é a temperatura de funcionamento dos processos, já que o atual processo utiliza temperaturas elevadíssimas entre $1300^\circ C$ e $1500^\circ C$ e o novo processo precisa de $800^\circ C$, o que gera um benefício ao meio ambiente, já que menos energia será produzida consumida. A outra diferença é o mecanismo dos processos, já que o atual utiliza Carbono para a transformação do minério, o que produz CO_2 lançado a atmosfera e uma escória indesejável, e o processo novo utiliza a eletrólise da solução do minério com carbonato de lítio, o que produz ferro mais puro e sem lançar elementos indesejados ao meio ambiente.

Exemplo Abaixo da Média

a) as substâncias são ferro metálico Fe^0 e
 ~~Carbono~~ ~~lítio~~ ~~lítio~~
 Lítio Li

b) É mais amigável ao meio ambiente porque a emissão de poluentes é menor e devido as altas temperaturas há a formação do CO_2 que é poluente então as duas diferenças são menos poluentes e menor temperatura.

Comentários

Essa questão trata de assuntos simples e fundamentais do conhecimento químico. O item a exige que se reconheçam os elementos que formam o minério de ferro e que se saiba a representação de símbolos e fórmulas de substâncias simples, no caso, ferro e oxigênio gasoso. Considera-se um conhecimento simples, pelo fato de se tratar do minério de ferro, um dos principais produtos de exportação do Brasil, e também por ser esse um assunto muito presente no ensino médio. Além disso, o próprio texto cita o ferro como um dos elementos que formam o minério. O uso do carbonato de lítio fundido, como solvente no processo de eletrólise, levou muitos candidatos a afirmarem que seriam produzidos o lítio, o carbono e até o carbonato, no lugar de ferro e oxigênio gasoso. Muitos candidatos ainda associaram a produção do ferro com a do aço inox, já que se informa sobre a

adição de carbono no processo atual de produção de ferro em alto forno e, dessa forma, afirmaram que no processo atual se produzem substâncias como manganês, níquel, tungstênio, etc. Outro erro bastante frequente foi o desconhecimento da representação das substâncias elementares que se formam no processo novo - o ferro foi simbolizado como Fe_2 e o oxigênio como O. O item **b** exige uma leitura de texto e uma pequena interpretação de informações. O texto informa que o processo atual de obtenção do ferro é feito a uma temperatura muito mais alta que a exigida pelo novo processo, o que já indica uma diferença entre esses dois processos. Outra diferença mostrada no texto diz respeito ao uso de carbono no alto forno (informação dada na formulação do item **b**; já o enunciado que introduza a questão informa que, no novo processo de obtenção de ferro, a eletrólise leva à formação de oxigênio - essa informação depende de algum conhecimento a mais). Em geral os candidatos conseguiram identificar as diferenças entre os dois processos de obtenção de ferro, mas tiveram dificuldade para explicá-las. No caso da diferença de temperatura, o erro mais frequente foi justificá-la em termos de menor custo financeiro e não da menor quantidade de energia. No caso do uso de carbono, os candidatos apresentaram explicações de forma muito generalizada, não apontando o CO_2 como um produto e não o relacionando ao efeito estufa. A nota média de 1,2 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de dificuldade entre média e alta.

Questão 10

Dentro do programa europeu NR2C (New Road Constructions Concepts), um tipo de cimento que contém TiO_2 foi desenvolvido e aplicado em pavimentos de cidades como Hengelo (Holanda) e Antuérpia (Bélgica). Esse TiO_2 presente na superfície do pavimento promove a transformação dos compostos NO_x emitidos pelos automóveis. Simplificadamente, os NO_x , ao entrarem em contato com o TiO_2 da superfície e na presença de luz, são transformados em nitrato, que é absorvido pelo pavimento. Resultados recentes mostraram que houve uma redução desses poluentes no ar próximo ao pavimento em até 45%, em comparação com o ar sobre o pavimento onde não houve a adição do TiO_2 .

- Dê a fórmula das substâncias que compõem esses NO_x e explique como eles se formam no caso dos automóveis.
- De acordo com as informações do texto e o conhecimento químico, cite dois aspectos que poderiam diminuir a eficiência do dispositivo, quando ele estiver sendo utilizado na redução dos NO_x emitidos. Explique cada caso.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Os gases que compõem os NO_x são: NO e NO_2 .

Esses gases se formam durante a combustão a alta temperatura, pela reação entre o nitrogênio (N_2) e o oxigênio (O_2) presentes na mistura gasosa contida nos motores de combustão interna. Parte do nitrogênio pode vir de compostos nitrogenados eventualmente presentes no combustível.

b) (2 pontos)

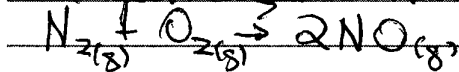
Dois fatores que podem contribuir para diminuir a eficiência do dispositivo:

- Ausência ou diminuição de luz, que pode ocorrer em tempos chuvosos ou durante a noite, ou mesmo por contaminação da superfície do piso.
- Possível contaminação da superfície do piso que contém o TiO_2 , constituindo-se em uma barreira física, o que levaria à diminuição ou ausência de contato físico entre as substâncias NO_x e as partículas de TiO_2 .

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) NO , NO_2 e NO_3 compõem os NO_x em questão, compostos formados na combustão (b) realizada pelos motores dos automóveis, onde ocorre reação do O_2 atmosférico com os hidrocarbonetos e com também com o N_2 atmosférico, devido às descargas elétricas dos motores. A reação abaixo exemplifica a formação de NO .



b) Em dias nublados, a eficiência do dispositivo que reduz os NO_x emitidos seria prejudicada, pois não haveria incidência solar e a reação com TiO_2 necessita de presença de luz para ocorrer. A presença de água no asfalto, especialmente em plujas chuvosas, poderia diminuir a superfície de contato entre o TiO_2 e os compostos NO_x , tornando a ocorrência da reação que transforma os compostos em nitrato.

Exemplo Abaixo da Média

NO_2

a) $\text{NO}_2 \rightarrow$ ~~óxido~~ dióxido de nitrogênio formado na combustão de álcool ou gasolina na presença de oxigênio.

b) Um aumento de temperatura poderia causar a aceleração da reação diminuindo sua eficiência e mesmo acontecer com a pressão, mas com menor eficiência.

Comentários

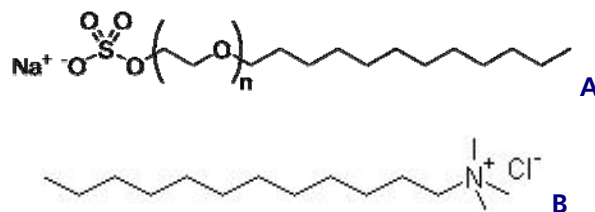
Essa questão também trata de aspectos ligados ao ambiente e à tecnologia, ao mostrar a formação dos gases NO_x e uma possível tecnologia para eliminar esses gases poluentes. O item a solicita fórmulas de substâncias compostas que formam os NO_x , um assunto bastante presente no ensino médio, uma vez que esses gases são os principais responsáveis pelo fenômeno da chuva ácida. Aparentemente, boa parte dos candidatos, nunca teria ouvido falar em NO e NO_2 . Com muita frequência os candidatos juntaram a esses dois gases outras unidades

CIÊNCIAS DA NATUREZA

como N_2O_5 , NO_3 , NO_2 , HNO_3 , etc. Um grupo grande de candidatos respondeu que os NO_x seriam N_2 e O_2 , justamente as substâncias que, ao reagirem entre si, deram origem aos NO_x . Um outro grupo, embora tenha respondido sobre a presença do N_2 atmosférico no processo de combustão interna, afirmou que todo o oxigênio havia sido consumido e que restava ao N_2 somente o CO_2 para reagir. O item **b** exigia um conhecimento químico bastante simples na interpretação das informações do texto. O texto informa que a transformação dos NO_x ocorre quando esses gases entram em contato com o TiO_2 da superfície. Ora, se o contato não ocorrer, a reação não se processa. Dessa forma, qualquer barreira física entre os NO_x e o TiO_2 evita a transformação. O texto também informa que a reação ocorre na presença de luz e, assim, qualquer fato que leve à ausência ou diminuição de luz também torna o dispositivo ineficiente. A maior parte dos candidatos conseguiu destacar a influência da luz no processo citado e seu efeito catalítico na reação. A questão do contato físico entre os NO_x e o TiO_2 , sempre que identificada, recebeu algumas explicações interessantes, como a presença de ventos, a temperatura elevada que faria os gases ascenderem na atmosfera, etc. Por outro lado, muitos candidatos associaram a menor eficiência do dispositivo à presença de chuva, uma vez que a água reagiria com os NO_x e eles não estariam presentes para reagir. Também apareceram muitas explicações da influência de temperaturas elevadas, no sentido de “deslocar o equilíbrio” no sentido dos reagentes. Nesse caso, os candidatos consideraram que as cidades de Hengelo e Antuérpia são muito frias, e concluíram que a reação de transformação dos NO_x são exotérmicas. Assim, a temperatura elevada deslocaria o equilíbrio para os reagentes, diminuindo a eficiência do dispositivo. Além de não haver informações suficientes para se postular uma possível variação negativa de entalpia da reação, os candidatos se esqueceram de que se trata de um sistema aberto e com gases e, dessa forma, a questão de equilíbrio não se justifica. A nota média de 1,1 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de dificuldade alta.

Questão 11

Xampus e condicionadores utilizam as propriedades químicas de surfatantes para aumentar a molhabilidade do cabelo. Um xampu típico utiliza um surfatante aniônico, como o lauril éter sulfato de sódio (A), que ajuda a remover a sujeira e os materiais oleosos dos cabelos. Um condicionador, por sua vez, utiliza um surfatante catiônico, como o cloreto de lauril trimetil amônio (B), que é depositado no cabelo e ajuda a diminuir a repulsão entre os fios limpos dos cabelos, facilitando o pentear.



- Considerando a estrutura do xampu típico apresentado, explique como ele funciona, do ponto de vista das interações intermoleculares, na remoção dos materiais oleosos.
- Considerando-se as informações dadas e levando-se em conta a estrutura química desses dois surfatantes, a simples mistura dessas duas substâncias levaria a um “produto final ineficiente, que não limparia nem condicionaria”. Justifique essa afirmação.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

O xampu típico possui uma cabeça polar representada pelo grupo RSO_4^- e uma cauda apolar. Essa cauda apolar interage com a cadeia apolar da gordura por interações tipo Van der Waals. Por outro lado, a cabeça polar do surfatante interage com a água por interações tipo ion-dipolo e assim a água “arrasta” o conjunto “surfatante-gordura” e promove a limpeza dos cabelos.

b) (2 pontos)

A combinação dos dois surfatantes levaria a um produto ineficiente, pois haveria uma forte interação entre as cabeças polares dos dois surfatantes. Dessa forma, as substâncias perderiam sua habilidade de interação com a água, deixando, então, de limpar e condicionar adequadamente.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

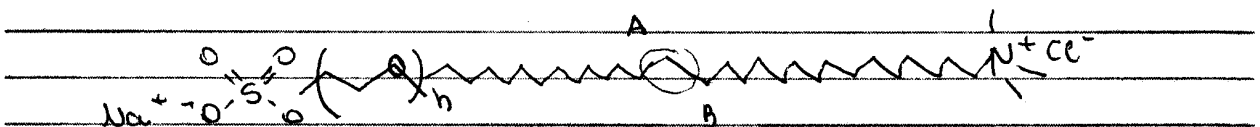
a) O xampu típico auxilia na remoção dos materiais oleosos da seguinte forma, sendo uma grande parte de sua estrutura hidrocarbonetos (à direita), tem-se um aspecto apolar, esta interação com o óleo que é apolar, porém sua ponta polar fica fora da gordura, pois não interagem entre si, assim ao enxaguar, a água polar reage com a parte polar e assim leva a parte apolar junto para longe do cabelo, assim ocorre a remoção.

b) A mistura das duas substâncias ϕ resulta a um produto ineficiente pois a parte do cátion da molécula A reage com a parte do anion na molécula B, formando um sal e uma molécula de duas estruturas apolares, assim irão interagir com o óleo, mas não com a água, assim não ocorrendo a remoção, tornando-se imprescindível para limpeza e condicionar.

Exemplo Abaixo da Média

a) O xampu típico possui uma parte polar que se liga a sujidade e uma parte apolar que se liga a água, como "uma ponta de água semelhante" e xampu limpa o cabelo.

b) Ao invés da parte apolar se ligar com a água, ela se ligaria com a outra parte apolar do outro produto formando uma única substância polar.



Comentários

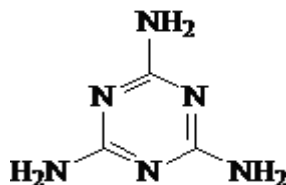
Essa questão trata de um assunto muito importante sob todos os pontos de vista: interações intermoleculares. A questão evidencia que o domínio desse conhecimento permite explicar por que não se deve misturar xampus e condicionadores comuns em um só frasco (item **b**) e mostra como se explica o funcionamento do xampu e do condicionador na limpeza e condicionamento dos cabelos (item **a**). Além disso, usada no ambiente escolar, a questão abre a possibilidade para que se discuta o que são e como funcionam os produtos que servem como xampu e condicionador em um só frasco. O item **a** pede que se explique o funcionamento do xampu na remoção de óleos, com base apenas em interações moleculares. Trata-se de um conteúdo que precisa ser dominado, para uma interpretação adequada da questão. Entretanto, a resposta ao item é facilitada pela apresentação da estrutura molecular de um xampu típico, exigindo que se saiba que há uma interação intermolecular do tipo dipolo induzido-dipolo induzido entre a parte apolar do xampu e a gordura, e uma interação íon-dipolo entre a cabeça polar do xampu e a água. De um modo geral, os candidatos que dominam o assunto apresentaram algumas dificuldades para articular corretamente a explicação. O erro mais comum ocorre

CIÊNCIAS DA NATUREZA

quando a explicação é muito genérica, assentada em jargões como “semelhante dissolve semelhante”, “polar com polar”, em que a explicação é não-específica. Outras dificuldades surgem quando se confundem conceitos como solubilidade, reação e interação. O item **b**, embora apresente como possível novidade a “ineficiência do produto”, é facilitado pelo fornecimento das estruturas das duas substâncias. Como os itens fazem menção a interações moleculares, a resposta também fica facilitada nesse sentido. Esses são dois pontos-chave para responder ao item **b**: as estruturas dadas e a obrigatoriedade de se usar o conceito de interações intermoleculares. Sem eles a resposta seria bem mais difícil. Muitos candidatos consideraram que a afirmação era incorreta e argumentaram em sentido oposto. Também se observou que, mesmo tendo acertado que havia uma interação cabeça-cabeça entre as duas moléculas (xampu e condicionador), muitos candidatos não sinalizaram a falta de interação da estrutura resultante com a água, um aspecto fundamental no processo de limpeza. Vale lembrar que o item pede que se justifique que o “produto final seria ineficiente, que não limparia nem condicionaria” e por isso a explicação deveria considerar a perda dessas duas propriedades. A nota média de 0,4 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de muita dificuldade para os candidatos, sendo essa a média mais baixa da prova. Como já foi mencionado, muitos candidatos erraram ao não especificar corretamente as interações, generalizando conceitos e aplicando jargões na explicação do fenômeno.

Questão 12

Em 2008, uma contaminação de leite na China afetou a saúde de mais de 300 mil crianças. O leite, um importante alimento infantil, estava contaminado com uma substância denominada melamina (ver fórmula estrutural abaixo). A legislação, em geral, admite 2,5 ppm como uma concentração segura de melamina em alimentos, mas no leite em pó chinês foi encontrada uma concentração de até 6000 ppm dessa substância. Revelou-se que a contaminação foi proposital. Pequenos e grandes produtores, além de uma grande empresa, foram responsabilizados.



melamina

- Sabendo que o leite é uma emulsão que contém água, açúcares, proteínas, sais minerais e lipídeos, explique por que o nitrogênio é o único elemento químico que permite determinar o teor de proteínas no leite.
- Suponha que um dos produtores condenados tivesse adicionado 1000 litros de água a 9000 litros de leite puro e sem melamina. Quantos gramas de melamina ele deveria adicionar à mistura resultante para que a análise indicasse o teor de proteína igual ao do leite sem adulteração? Considere que um litro de leite puro contém 0,50 gramas de nitrogênio.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

O nitrogênio é o único elemento que permite dosar a quantidade de proteína no leite, pois, entre as substâncias que fazem parte da composição do leite, somente as proteínas apresentam esse elemento em suas moléculas.

b) (2 pontos)

Para compensar a diminuição do teor de nitrogênio na amostra adulterada, o produtor teria que compensar o 0,5 grama de nitrogênio por litro de água adicionada.

$$\begin{aligned}
 1 \text{ litro} &\rightarrow 0,5 \text{ grama} \\
 1000 \text{ litros} &\rightarrow m \\
 m &= \underline{500 \text{ gramas}} \text{ de nitrogênio.}
 \end{aligned}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

A massa molar da melamina = $(3 \times C + 6 \times N + 6 \times H) = (3 \times 12) + (6 \times 14) + (6 \times 1) = 126 \text{ g mol}^{-1}$

1 mol de melamina \rightarrow 6 mols de Nitrogênio, então, 126 g de melamina \rightarrow 84 g de N
X g de melamina \rightarrow 500 g de N

X = 750 gramas de melamina deveriam ser adicionados.

Exemplo Acima da Média

a) As proteínas são formadas por aminoácidos, que contêm o grupo amina, formado por nitrogênio. Entre água, açúcares, sais minerais, proteínas e lipídios, as proteínas são as únicas substâncias que possuem nitrogênio em sua formação, justificando, assim, por que determina-se o teor de proteínas no leite a partir do nitrogênio

b) 10000 L leite	—	5000g N	5000 - 4500 = 500g N
9000 L leite	—	4500g N	preciso
1 melamina ($C_3N_6H_6$)	—	6 N	para indicar teor
1 mol melamina	—	6 mol N	de proteína normal
126 g $C_3N_6H_6$	—	6.14g N	
X	—	500g N	
			x = 750g de melamina

Exemplo Abaixo da Média

a) Porque o nitrogênio é o único elemento presente que possui um par de elétrons que podem se ligar às proteínas,

b) 1L — 0,5g 10000L leite + açúcar contém 4500g de nitrogênio.
9000L — x

Comentários

A questão exige o reconhecimento de funções orgânicas no item **a** e noções de estequiometria e concentração de soluções no item **b**. Os conteúdos exigidos estão contextualizados em uma questão de saúde pública, em um recente e lamentável episódio envolvendo o povo Chinês. O item **a** exige que se saiba que no grupo de substâncias relacionadas, apenas as proteínas possuem nitrogênio em suas moléculas. Dessa forma, a dosagem do nitrogênio presente no leite é um atributo que permite quantificar a quantidade de proteínas aí presentes. De um modo geral os candidatos responderam bem ao item, mas uma parcela errou ao fazer uma interpretação equivocada das informações. Essa parcela entendeu que o nitrogênio seria usado não como um quantificador de proteína, mas como um reagente para proteínas e explicou com possíveis reações entre eles. O item **b** exige que se saiba ler a fórmula estrutural de melamina e que daí se determine a sua fórmula molecular e a porcentagem

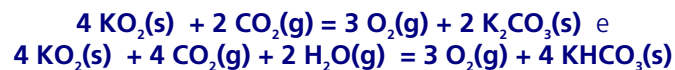
CIÊNCIAS DA NATUREZA

de nitrogênio na substância. Como o item pede uma resolução baseada somente no nitrogênio, a partir do conhecimento dessa porcentagem o item exige conhecimento sobre concentração e diluição de soluções. Em geral, os candidatos tiveram maior dificuldade em resolver a primeira parte do item, relativa à fórmula molecular da melamina e ao teor de nitrogênio. A pontuação na questão se deveu, majoritariamente, ao acerto do item **a**. A nota média de 1,1 em 4 pontos possíveis revela uma dificuldade de média a alta para os candidatos.

Questão 13

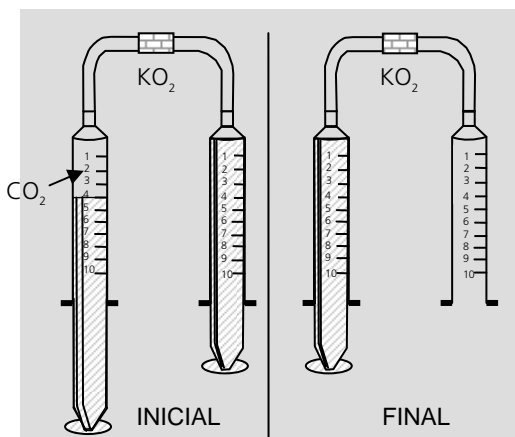
Em toda situação de confinamento, prevista ou acidental, como no recente desastre na mina de cobre do Chile, sempre há grande preocupação com a revitalização do ar ambiente. O superóxido de potássio (KO_2) pode ser utilizado em dispositivos para revitalização do ar ambiente, já que ele reage com o gás carbônico, eliminando-o, e formando oxigênio gasoso como produto.

- a) As equações das reações que ocorrem com o KO_2 em ambiente seco e úmido são, respectivamente,



Em qual dos casos (ambiente seco ou úmido) um dispositivo contendo dióxido de potássio seria mais eficiente para o propósito a que se destina? Justifique.

- b) O esquema abaixo é de um experimento que simula a situação de confinamento. À esquerda encontra-se a fase inicial e à direita, a final. No experimento, o êmbolo contendo CO_2 é pressionado, fazendo esse gás reagir com o KO_2 . Levando em conta a estequiometria da reação, complete a situação final, desenhando e posicionando corretamente o êmbolo que falta. Justifique sua resposta, considerando que a reação é completa e só ocorre enquanto o êmbolo é empurrado, que a temperatura é constante e que não há atrito no movimento dos êmbolos.



Resposta Esperada

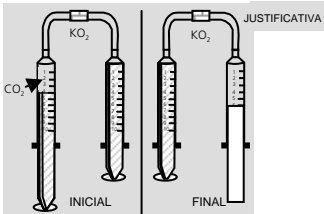
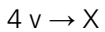
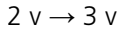
- a) (2 pontos)

Considerando-se a equação química para a revitalização do ar, observa-se que a relação estequiométrica $\text{KO}_2:\text{CO}_2$ é de **2:1** no caso do ar seco e de **1:1** no caso do ar úmido. Isso significa que o dispositivo seria mais eficiente em atmosfera de ar úmido, pois uma mesma massa de KO_2 removeria muito mais CO_2 em ar úmido que em ar seco.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

b) (2 pontos)

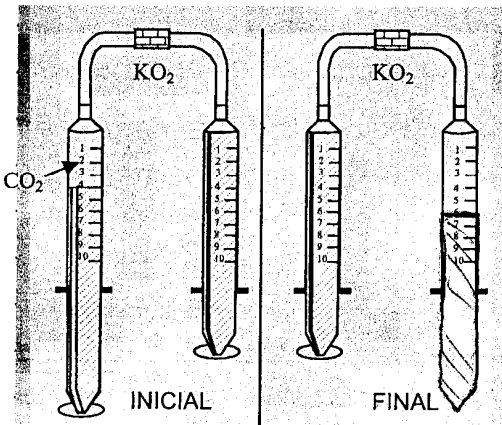
Na situação inicial observa-se que há um volume de CO_2 igual a 4 unidades de volume. Levando-se em conta a estequiometria da reação de revitalização para o caso do CO_2 sem umidade, serão produzidos 6 volumes de O_2 .



Exemplo Acima da Média

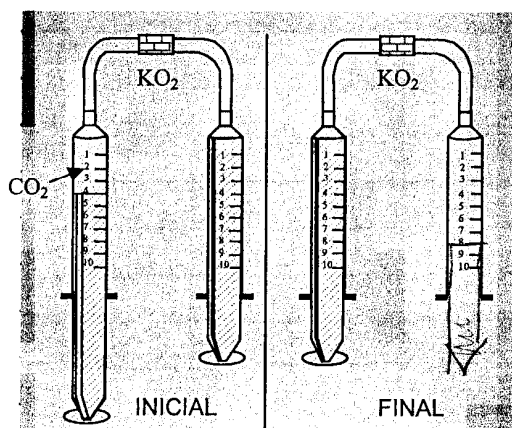
a) Em um ambiente úmido, pois das fórmulas apresentadas vê-se que a mesma quantidade de KO_2 retira o dobro de CO_2 em ambientes úmidos com relação a ambientes secos.

b) Na reação apresentada em ambiente seco temos que dois mols de $\text{CO}_2(\text{g})$ produzem três mols de $\text{O}_2(\text{g})$, como no caso estão sendo reagidos quatro unidades de volume de $\text{CO}_2(\text{g})$ serão produzidos portanto seis unidades de $\text{O}_2(\text{g})$.



Exemplo Abaixo da Média

a) Para o ambiente seco, pois, o dióxido de potássio utilizado em ambiente úmido tem como produto um ácido o que para a respiração humana é algo prejudicial, podendo levar a morte.



b) É preciso que a reação seja completa para consumir todo o dióxido de carbono, resultando no produto de O_2 , assim o êmbolo será empurrado até a posição 8, pois a quantidade de mols do produto é o dobro do reagente.

Comentários

Essa é uma questão de foco exclusivo em estequiometria, que se contextualiza no recente e dramático episódio vivido pelos mineiros chilenos. A propósito do episódio, não foi localizada qualquer informação a respeito do uso de algum dispositivo, como o aqui evidenciado. Do ponto de vista químico, embora os itens sejam relativos ao conhecimento de estequiometria, não se exige qualquer cálculo, apenas conhecimento e leitura, e interpretação de informações contidas nas equações químicas fornecidas no texto da questão. O primeiro aspecto relevante é observar que o dispositivo serve para revitalizar o ar. Assim, inicialmente a resolução deve levar em conta tanto a transformação do CO_2 como a reposição do O_2 . No entanto, as equações químicas mostram que, tanto no ambiente seco como no úmido, para as mesmas quantidades de KO_2 formam-se as mesmas quantidades de O_2 , portanto a reposição desse gás pode ser desprezada na resolução aos itens. Assim, para responder ao item **a** basta que se verifique que no ambiente úmido, para uma quantidade de KO_2 igualmente utilizada em ambiente seco, o dobro de CO_2 é transformado. No ambiente úmido a relação $KO_2:CO_2$ é igual a 1, enquanto no ambiente seco ela é igual a 2. Em geral os candidatos responderam bem ao item **a**, o que foi facilitado pela conservação da quantidade de KO_2 nas duas equações. É importante ressaltar que, apesar de as equações apresentarem a mesma quantidade de KO_2 , a resposta ao item deve contemplar explicitamente esse fato, evidenciando ser esse o pressuposto inicial de análise. Uma resposta correta ao item deve envolver necessariamente a observação da quantidade de KO_2 . O item **b** trata de um esquema experimental que simula o uso do dispositivo e pede que se preveja que volume de O_2 será posto nesse caso. É importante notar que, embora o esquema procure simular uma condição de funcionamento do dispositivo e que o mais lógico seria pensar em ambiente úmido, as informações fornecidas sinalizam que o CO_2 está seco. Assim, espera-se que a resposta seja baseada na segunda equação, em que a relação volumétrica, $CO_2:O_2$, é de 4:3. Dessa forma, o êmbolo na parte final deve ser posicionado em 6 mL. Erros maiores foram cometidos por candidatos que resolveram representar o K_2CO_3 formado junto com o gás oxigênio na seringa. Esse equívoco talvez tenha ocorrido pelo fato de se comparar, pictoricamente, o esquema apresentado com a equação química. Nesse caso, a comparação equivocada seria entre reagentes e fase inicial, e produtos e fase final. A nota média de 1,8 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de dificuldade média para os candidatos, e aquela em que os candidatos alcançaram a melhor pontuação, sendo o item **b** o que foi mais bem respondido.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Questão 14

A obesidade está se tornando um problema endêmico no mundo todo. Calcula-se que em 2050 um terço de todos os homens e a metade das mulheres serão obesos. Considere a promoção de uma lanchonete, composta de um lanche, uma porção de fritas, uma torta de maçã e 500 mL de refrigerante. A tabela abaixo resume as quantidades (em gramas) de alguns grupos de substâncias ingeridas, conforme aparecem nas embalagens dos produtos.

grupo\produto	lanche	Porção de batata	Torta de maçã
carboidratos	36	35	33
proteínas	31	4,1	2,2
gorduras totais	32	15	11
cálcio	0,28	0,11	0,33
sódio	1,22	0,31	0,18

- a) Considerando-se um valor diário de referência em termos de energia (VDE) de 8.400 kJ, que percentual desse VDE foi atingido apenas com essa refeição? Considere a energia por grama de lipídeos igual a 38 kJ e a de açúcares e proteínas igual a 17 kJ. Considere também que cada 100 mL de refrigerante contém 11 gramas de açúcar.
- b) Considerando-se que o consumo diário máximo de sal comum (recomendado pela OMS) é de 5,0 gramas por dia, esse limite teria sido atingido apenas com essa refeição? Responda sim ou não e justifique.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Energia associada à ingestão de carboidratos = $\{36+35+33+(5 \cdot 11)\} \times 17 = 2703 \text{ kJ}$

Energia associada à ingestão de proteínas = $(31+4,1+2,20) \times 17 = 634 \text{ kJ}$

Energia associada à ingestão de lipídeos = $(32+15+11) \times 38 = 2204 \text{ kJ}$

Energia Total = $2703+634+2204 = \underline{5541 \text{ kJ}}$

Percentual do VDE

8400 kJ → 100%

5541 kJ → X $X = 66\%$ -

b) (2 pontos)

Quantidade de sódio ingerida nessa refeição = $(1,22+0,31+0,18) = \underline{1,71 \text{ g}}$.

O sal comum é NaCl e tem uma massa molar de $58,5 \text{ g mol}^{-1}$, enquanto o sódio tem uma massa molar de 23 g mol^{-1} . Assim,

NaCl → Na

58,5 g → 23 g

m → 1,71 g $m = \underline{4,35 \text{ g de NaCl}}$

Portanto o consumo diário máximo de sal comum não foi atingido apenas com essa refeição.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) 100ml refrigerante — 11g açúcar
 500ml refrigerante — x
 x = 55g açúcar

Massa de proteínas = 37,31 + 4,1 + 2,2 = 37,3g
 Massa de lipídios = 32 + 15 + 11 = 58g
 159g + 37,3g = 196,3g

Massa de açúcares = 36 + 35 + 33 = 104g + 55g = 159g açúcar
 196,3g — 159g — y
 1g — 17KJ
 y = 2203KJ

58g — z
 1g — 38KJ
 z = 986KJ

37,3g — w
 1g — 17KJ
 w = 634,1KJ

8400g — 100%
 5541g — t
 t ≈ 66%

T = 2203 + 634,1 + 2204 = 5541,1KJ

Foi atingido 66% do VDE

b) $M_{Na} = 23g/mol$
 $M_{Cl} = 35,5g/mol$
 $M_{NaCl} = 58,5g/mol$
 $m_{NaCl} = 1,22 + 0,31 + 0,18 = 1,71g$

O limite não teria sido atingido, pois a condáquia permitiu ~~sempre~~ 4,3g de sal.

58,5g — 23g
 x — 1,71g
 $x \approx 100g$
 $x \approx 4,3g$

Exemplo Abaixo da Média

a) VDE = 8400 KJ, normal diário

VDE = ~~gorduras~~ + proteínas + glicídios totais + calcos + sódio + carboidratos + refel

$$VDE = 140 + 263,9 + 2204 + 0,72 + 1,71 + 55$$

$$VDE = 2675,33$$

b) Não, pois essa refeição contém 0,72g de sal ou sódio, estando abaixo da recomendada

Comentários

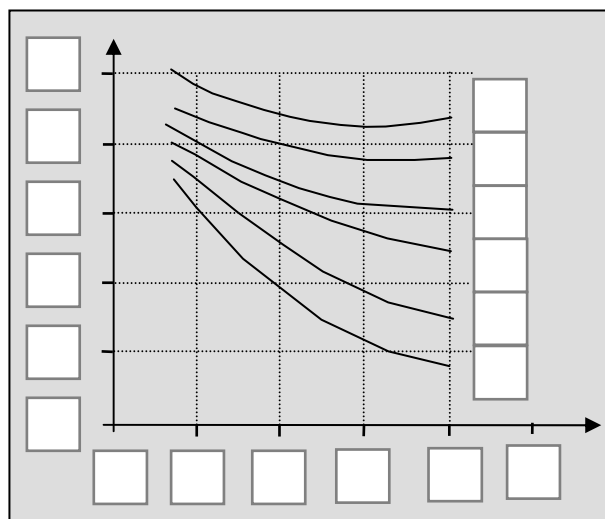
A questão trata de estequiometria, no entanto exige cálculo e introduz aspectos de energia. O assunto está contextualizado em um problema mundial de obesidade e suas consequências para a saúde. Esse tipo de questão pode ser explorado em debates em sala de aula e a melhor sugestão é utilizar rótulos de alimentos. O item a cobra cálculos que envolvem relações entre massa e energia (conteúdo energético). A dificuldade inicial no item é perceber que, no contexto da questão, carboidratos e açúcares, lipídios e gorduras totais são sinônimos. A dificuldade maior na resolução do item, no entanto, está no fato de que há muitos cálculos a serem efetuados, o que não se pode evitar nesse tipo de questão. Muitos candidatos com bons conhecimentos de estequiometria erraram ao não associar corretamente as definições anteriormente comentadas, mas essa

associação é um dos quesitos básicos a serem verificados nesse item. O item **b** exige que se distinga, inicialmente, sódio de sal comum. Essa distinção é verificada a partir do cálculo da quantidade de sódio listado nos rótulos e de sua transformação em massa de sal comum (cloreto de sódio) por relações estequiométricas envolvendo o conceito de massa molar. É importante observar que a tabela também dá informações sobre o cálcio presente, um importante elemento da dieta humana, o que também é um quesito contido no item **b**. Os erros mais comuns nesse item residiram em dois aspectos: comparar diretamente a quantidade de sódio com a de NaCl, equívoco bastante frequente na população em geral, e somar as quantidades de sódio e cálcio e considerá-las iguais à de sal comum. Os candidatos responderam mais acertadamente ao item **b**. A nota média de 1,6 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de dificuldade média.

Questão 15

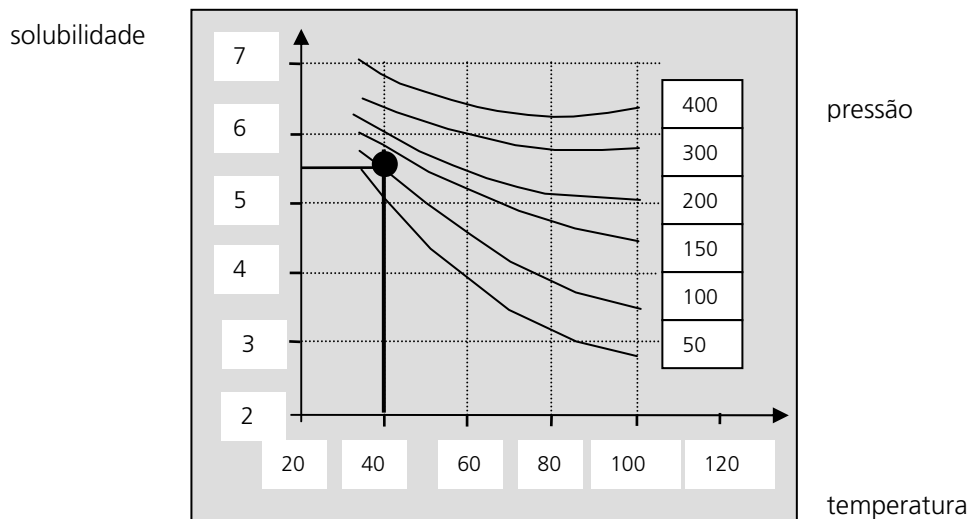
A questão do aquecimento global está intimamente ligada à atividade humana e também ao funcionamento da natureza. A emissão de metano na produção de carnes e a emissão de dióxido de carbono em processos de combustão de carvão e derivados do petróleo são as mais importantes fontes de gases de origem antrópica. O aquecimento global tem vários efeitos, sendo um deles o aquecimento da água dos oceanos, o que, conseqüentemente, altera a solubilidade do CO_2 nela dissolvido. Este processo torna-se cíclico e, por isso mesmo, preocupante. A figura abaixo, preenchida de forma adequada, dá informações quantitativas da dependência da solubilidade do CO_2 na água do mar, em relação à pressão e à temperatura.

- a) De acordo com o conhecimento químico, escolha adequadamente e escreva em cada quadrado da figura o valor correto, de modo que a figura fique completa e correta: solubilidade em gramas de CO_2 /100 g água: 2, 3, 4, 5, 6, 7; temperatura /°C: 20, 40, 60, 80, 100 e 120; pressão/atm: 50, 100, 150, 200, 300, 400. Justifique sua resposta.
- b) Determine a solubilidade molar do CO_2 na água (em gramas/100 g de água) a 40 °C e 100 atm. Mostre na figura como ela foi determinada.



Resposta Esperada

a) (2 pontos)



A escolha se justifica pelo fato de que a solubilidade dos gases em água aumenta com o aumento da pressão e com a diminuição da temperatura.

b) (2 pontos)

Para encontrar o valor de solubilidade, deve-se traçar uma reta vertical passando pela temperatura de 40 °C. O ponto em que essa reta cruza com a curva para a pressão de 100 atm (segunda curva de baixo para cima) corresponde à solubilidade no eixo das ordenadas à esquerda. Isso corresponde a **5,5 g / 100 g** de água.

Concentração do CO₂ em mol L⁻¹:

5,5 g de CO₂ → 100 g de água

X g → 1000 g de água **X** = 55 g / 1000 g de água do mar

Considerando-se a densidade da água do mar, na condição de 40 °C e 110 atm, a concentração de CO₂ se torna igual a 55 L⁻¹. Assim, a concentração de CO₂ em mol L⁻¹ será = 55 / 44 = 1,25 mol L⁻¹.

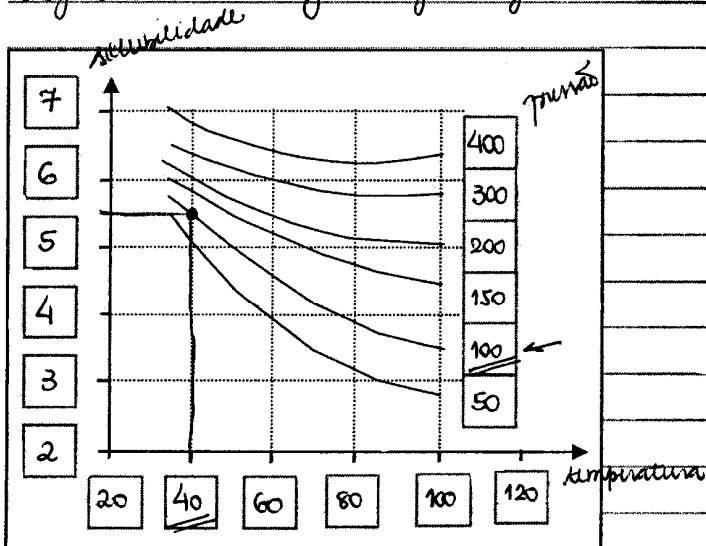
Observação: Como o item b da questão 15 pede a concentração em duas unidades diferentes, a banca corretora considerou válido qualquer um dos dois valores.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

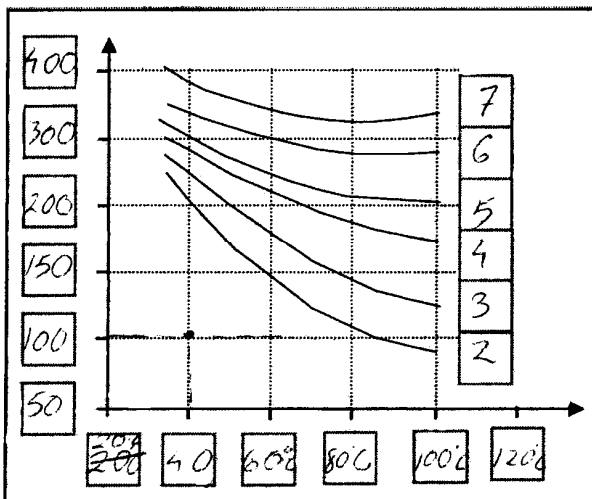
a) Quanto maior a pressão/atm, maior a solubilidade de CO_2 na água do mar, e quanto maior a temperatura, menor sua solubilidade.

b) a 40°C e a 100 atm, a solubilidade molar de CO_2 na água é de 5,5 g/100g de água.



Exemplo Abaixo da Média

a)



b) De acordo com a figura, a solubilidade do CO_2 na água a 40°C e 100 atm é aproximadamente 2 g CO_2 / 100 g de água.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Comentários

Essa questão explora aspectos relacionados à solubilidade de gases em água. Contextualiza-se na questão do aquecimento global devido à emissão de CO_2 e sua estocagem em águas do oceano. O item **a** explora as observações experimentais de que a solubilidade de gases em água aumenta com o aumento da pressão do gás sobre a água e com a diminuição da temperatura. Diferentemente do que se costuma solicitar na exploração de informações gráficas, o item exige uma noção mínima na construção gráfica, além do conhecimento anteriormente mencionado sobre solubilidade de gases. Um aspecto importante na resolução do item **a** é a leitura atenta do texto em que se informa: **“A figura abaixo, preenchida de forma adequada, dá informações quantitativas sobre a dependência da solubilidade do CO_2 na água do mar, em relação à pressão e à temperatura”**. Essa informação já revela que a solubilidade deve estar no eixo da variável dependente (ordenadas), restando então levar em conta a influência da pressão e da temperatura na solubilidade, conforme se explicou anteriormente. O índice de acertos nesse item foi muito baixo, o que revela que a questão da representação gráfica, uma importante ferramenta de comunicação, está sendo pouco explorada em sala de aula, e que os candidatos não fizeram uma leitura atenta das informações do texto. O item **b** está associado à leitura direta do gráfico, caso se opte por obter a solubilidade em gramas de $\text{CO}_2/100$ g de água; ou depende da conversão de unidades, caso se opte por dar a solubilidade em mol por litro. A resolução do item depende da construção feita na resolução do item **a**. Os candidatos que acertaram o item **a** não mostraram dificuldades em resolver corretamente o item **b**. A nota média de 1,4 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de dificuldade média para alta.

Observação - A banca considerou corretas as duas respostas e esclarece que o adjetivo *molar* já está em desuso, sendo que hoje se recomenda o uso de mol dm^{-3} .

Questão 16

Em algumas construções antigas encontram-se paredes feitas de peças de mármore (CaCO_3) juntadas umas às outras por uma “cola especial”. Essa “cola especial” também pode se formar na produção de queijos no processo convencional. Se nas construções antigas a produção dessa “cola especial” foi proposital, na produção de queijos ela é indesejável e deve ser evitada, pois leva à formação de macrocristais na massa do queijo. Essa “cola especial” é o lactato de cálcio, que, no caso das construções, foi obtido a partir da reação da superfície do mármore com o ácido láctico do soro do leite, enquanto que no caso do queijo ele se origina no processo de maturação do queijo a baixa temperatura.

- Sabendo que a fórmula do ácido láctico é $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$, e considerando as informações dadas, escreva a equação química da reação de formação da “cola especial” nas construções antigas.
- Na fabricação de queijo Cheddar, pesquisas recentes sugerem que a adição de 1% em massa de gluconato de sódio é a quantidade ideal para se evitar a formação de macrocristais de lactato de cálcio. Considerando essa informação e os dados abaixo, explique por que não seria apropriado usar uma quantidade nem maior nem menor que 1% nesse processo.

Dados de solubilidade dos possíveis sólidos que podem se formar: lactato gluconato de cálcio = 52; lactato de cálcio = 9; gluconato de cálcio = 3. Valores em gramas de íon cálcio por litro de solução.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

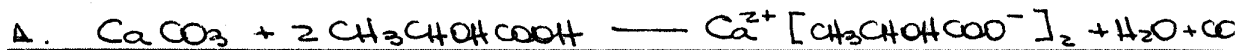


b) (2 pontos)

De acordo com as informações de solubilidade, o lactato gluconato de cálcio é o sal mais solúvel entre os possíveis sais que podem se formar. Como a literatura informa que 1% é a quantidade ideal de gluconato de sódio a ser adicionada, se fosse adicionada uma quantidade maior que 1%, a precipitação do gluconato de cálcio seria favorecida (formação de macrocristais de gluconato de cálcio); se a quantidade adicionada de gluconato de sódio fosse menor que 1%, a precipitação do lactato de cálcio seria favorecida (formação de macrocristais de lactato de cálcio).

CIÊNCIAS DA NATUREZA

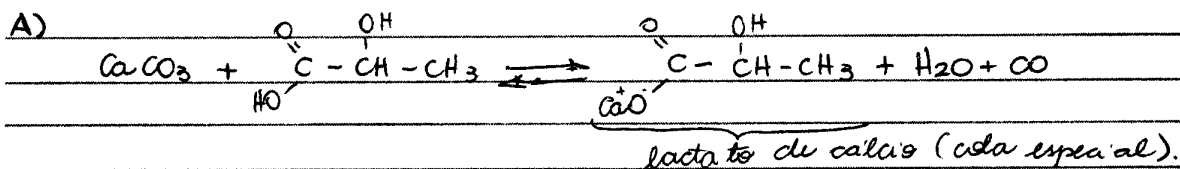
Exemplo Acima da Média



B. NA PROPORÇÃO INDICADA HÁ PREDOMINÂNCIA DO LACTATO GLUCONATO DE CÁLCIO. EM PROPORÇÃO MENOR HAVERIA PREDOMINÂNCIA DO LACTATO DE CÁLCIO, OU EM PROPORÇÃO MAIOR A FORMAÇÃO DE GLUCONATO DE CÁLCIO.

VISTO QUE O MAIS SOLÚVEL É O LACTATO GLUCONATO DE CÁLCIO, HÁ PREFERÊNCIA POR SUA FORMAÇÃO, CUJA CRISTALIZAÇÃO É MENOS COMUM.

Exemplo Abaixo da Média



B) Porque apesar de aumentar a solubilidade do lactato de cálcio na gelatina com ele para a produção de lactato gluconato de cálcio, provoca a formação de outro composto, o gluconato de cálcio, que tem sua solubilidade menor do que a da "cola especial". Dessa forma, devem ser introduzidas mínimas quantidades de gluconato de sódio.

Comentários

Essa questão traz dois itens completamente independentes, de conteúdos distintos. Os assuntos foram contextualizados numa questão bastante presente na indústria de queijos de qualidade, que precisam ser maturados sem desenvolver macrocristais salinos em sua massa. O item **a** exige conhecimento de linguagem química ao pedir que se escreva a equação química da formação de lactato de cálcio a partir de carbonato de cálcio e ácido láctico. Esse é um conhecimento bastante explorado no ensino médio, em que se trata da ação de ácidos em carbonatos. Para a resolução, o texto dá informações importantes como a fórmula do ácido láctico, em que aparece somente um grupo ácido, além de dar a fórmula do carbonato de cálcio. Para a resolução do item, resta lembrar que se forma CO_2 , gasoso e que o íon cálcio tem carga 2+. De modo geral, os erros mais frequentes, dos candidatos dizem respeito ao balanceamento incorreto da equação. Um erro que também ocorreu em boa proporção, diz respeito à ionização da hidroxila do carbono 2 do ácido. O item **b**, por outro lado, trata do equilíbrio químico de solubilidade, apresentando essa questão de uma maneira diferente. Para responder ao item, é importante levar em conta a informação de que a adição de 1% de gluconato de sódio é a situação ideal, ou seja, a melhor condição para se evitar a formação de macrocristais. Estabelecido esse limite, torna-se mais fácil observar que uma adição maior que 1% pode facilitar a formação de gluconato de cálcio e uma adição menor que 1% pode facilitar a formação de lactato de cálcio. A informação que permite esse raciocínio diz respeito à solubilidade dos possíveis sólidos que podem se formar e é fornecida no texto. É importante notar que, ao se informar as solubilidades, também se faz referência aos "possíveis sólidos que

CIÊNCIAS DA NATUREZA

podem se formar". No item **b**, o maior erro dos candidatos foi levar em conta apenas a formação de gluconato ou lactato de cálcio e não a do sal duplo na adição de 1% de gluconato de sódio. Alguns candidatos acreditaram que seriam necessários dados de constante de equilíbrio de formação para que pudessem calcular alguma grandeza que permitiria responder ao item, o que não é verdade. A nota média de 0,6 em 4 pontos possíveis revela que a questão foi de dificuldade muito alta para os candidatos.

As questões numeradas de 17 a 24 abordam fenômenos físicos em situações do cotidiano, em experimentos científicos e em avanços tecnológicos da humanidade. As fórmulas necessárias para a resolução de algumas questões, como as que tratam de Física Moderna, são fornecidas no enunciado. Leia com atenção. Quando necessário, use $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $\pi = 3$.

Questão 17

A importância e a obrigatoriedade do uso do cinto de segurança nos bancos dianteiros e traseiros dos veículos têm sido bastante divulgadas pelos meios de comunicação. Há grande negligência especialmente quanto ao uso dos cintos traseiros. No entanto, existem registros de acidentes em que os sobreviventes foram apenas os passageiros da frente, que estavam utilizando o cinto de segurança.

- a) Considere um carro com velocidade $v = 72 \text{ km/h}$ que, ao colidir com um obstáculo, é freado com desaceleração constante até parar completamente após $\Delta t = 0,1 \text{ s}$. Calcule o módulo da força que o cinto de segurança exerce sobre um passageiro com massa $m = 70 \text{ kg}$ durante a colisão para mantê-lo preso no banco até a parada completa do veículo.
- b) Um passageiro sem o cinto de segurança pode sofrer um impacto equivalente ao causado por uma queda de um edifício de vários andares. Considere que, para uma colisão como a descrita acima, a energia mecânica associada ao impacto vale $E = 12 \text{ kJ}$. Calcule a altura de queda de uma pessoa de massa $m = 60 \text{ kg}$, inicialmente em repouso, que tem essa mesma quantidade de energia em forma de energia cinética no momento da colisão com o solo.

Resposta Esperada

a) **(2 pontos)**

O módulo da desaceleração do carro na colisão é

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{20}{0,1} = 200 \text{ m/s}^2$$

A intensidade força do cinto pode ser calculada por

$$F = 70 \times 200 = 14000 \text{ N}$$

b) **(2 pontos)**

$$E_c = E_p = mgh$$

$$h = \frac{12000}{60 \times 10} = 20 \text{ m}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a)

$$Q_{m0} = 70 \cdot 20$$

$$Q_{mf} = 70 \cdot 0$$

$$\Delta Q_m = I$$

$$Q_{m0} = 1400$$

$$Q_{mf} = 0$$

$$\Delta Q_m = -1400$$

$$I = -1400$$

$$I = F \cdot \Delta t$$

$$-1400 = F \cdot 0,1$$

$$F = -1400 \cdot 10$$

$$F = -14000$$

$$\boxed{R: F = 14000N}$$

b) $E_M = 12000J$

$$E_M = m \cdot g \cdot h$$

$$12000 = 60 \cdot 10 \cdot h$$

$$h = \frac{12000}{600} \quad h = 20m$$

$\boxed{R: \text{A altura de queda é } 20 \text{ metros}}$

No item **a**, o candidato resolve a questão de uma forma distinta da solução da resposta esperada. Ele usa a variação de quantidade de movimento do passageiro devido à colisão para calcular o impulso sofrido pelo mesmo, e então usa o intervalo de tempo em que ocorre a desaceleração que leva o carro a parar totalmente para calcular o força exercida pelo cinto para manter o passageiro junto ao banco. No item **b**, o candidato usa corretamente o conceito de conservação de energia mecânica para calcular a altura de queda do passageiro.

Exemplo Abaixo da Média

a) Sabendo que a velocidade do veículo vale 72 km/h e que a massa do ~~seguro~~ passageiro é 70 Kg , então a força que o cinto terá que fazer para ~~segurar~~ a pessoa é!

$$F = m \cdot v$$

$$F = 70 \cdot 72$$

então o cinto terá que fazer força $> F = 5040 \text{ N} \downarrow (\text{S.T.})$

b) Sabendo que: $E_M = E_p + E_c \Rightarrow E_M = mgh + \frac{mv^2}{2}$
e que E_c vale 12 , então: $E_M = 600h + 12$
 $E_M = 600h + 12 \Rightarrow h = \frac{600}{12} \Rightarrow h = 50 \text{ m} \downarrow (\text{S.T.})$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

O candidato comete um erro conceitual no item **a**, usando força como $F = mv$, onde F é força, m é massa e v é velocidade, em vez de $F = ma$, onde a é a aceleração que deveria ser obtida pela variação da velocidade no tempo $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. No item **b**, o candidato usa o conceito de conservação de energia, mas usa erradamente o valor da energia mecânica associada ao impacto, que deveria ser $E = 12 \text{ kJ}$. Também erra nas operações matemáticas para encontrar a altura h .

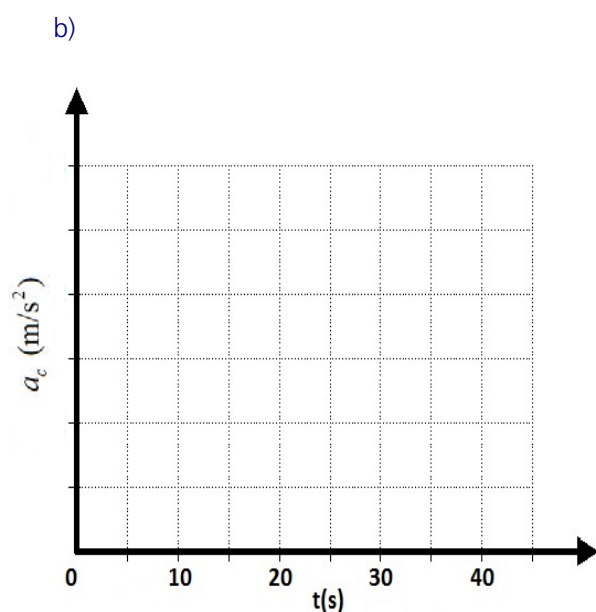
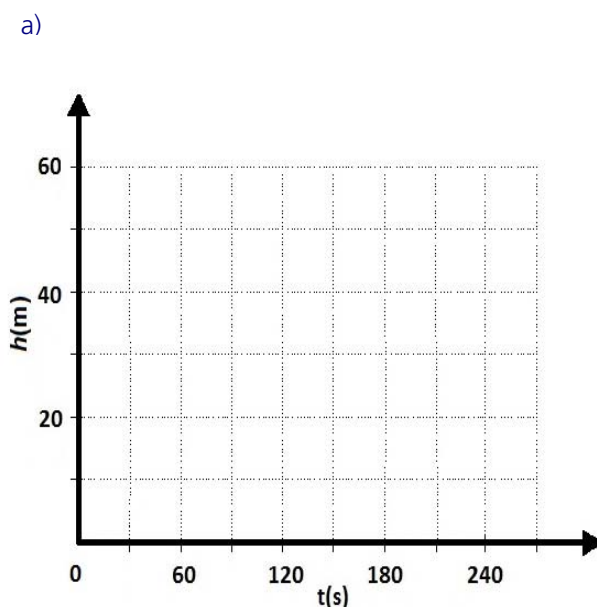
Comentários

Esta questão ilustra a necessidade do uso de cinto de segurança para proteger os passageiros de um carro caso ocorra uma colisão. No item **a**, o candidato deve calcular a força que o cinto de segurança exerce sobre o passageiro para mantê-lo seguro no banco, no caso de uma colisão com um obstáculo. Para tanto, o candidato precisa calcular a desaceleração sofrida pelo carro e, com a massa do passageiro, calcular a força que este exerce sobre o cinto. O item **b** propõe ao candidato calcular a altura da queda de um edifício cujo impacto no solo seria equivalente ao impacto sentido por uma pessoa em uma colisão de carro. Este cálculo pode ser realizado usando-se conceitos de conservação de energia.

Questão 18

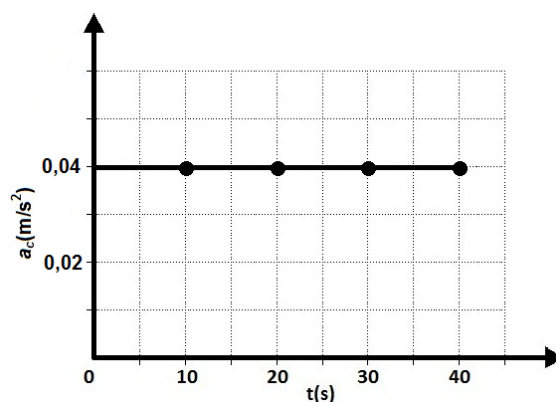
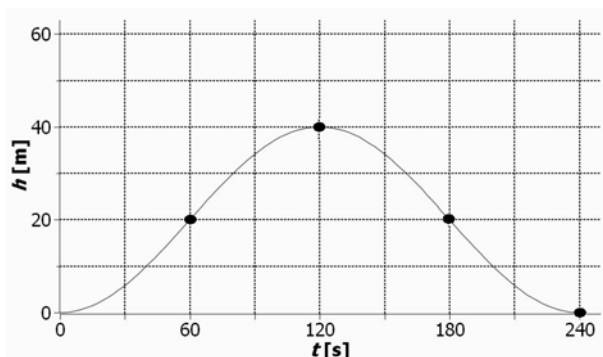
Várias leis da Física são facilmente verificadas em brinquedos encontrados em parques de diversões. Suponha que em certo parque de diversões uma criança está brincando em uma roda gigante e outra em um carrossel.

- a) A roda gigante de raio $R = 20 \text{ m}$ gira com velocidade angular constante e executa uma volta completa em $T = 240 \text{ s}$. No gráfico **a)** abaixo, marque claramente com um ponto a altura h da criança em relação à base da roda gigante nos instantes $t = 60 \text{ s}$, $t = 120 \text{ s}$, $t = 180 \text{ s}$ e $t = 240 \text{ s}$, e, em seguida, esboce o comportamento de h em função tempo. Considere que, para $t = 0$, a criança se encontra na base da roda gigante, onde $h = 0$.
- b) No carrossel, a criança se mantém a uma distância $r = 4 \text{ m}$ do centro do carrossel e gira com velocidade angular constante ω_0 . Baseado em sua experiência cotidiana, estime o valor de ω_0 para o carrossel e, a partir dele, calcule o módulo da aceleração centrípeta a_c da criança nos instantes $t = 10 \text{ s}$, $t = 20 \text{ s}$, $t = 30 \text{ s}$ e $t = 40 \text{ s}$. Em seguida, esboce o comportamento de a_c em função do tempo no gráfico **b)** abaixo, marcando claramente com um ponto os valores de a_c para cada um dos instantes acima. Considere que, para $t = 0$, o carrossel já se encontra em movimento.



Resposta Esperada

a) (2 pontos)



b) (2 pontos)

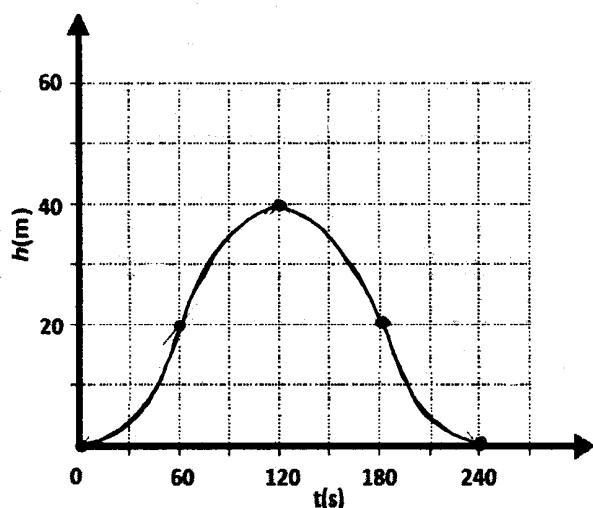
Estima-se $T = 60$ s para o período do carrossel. Assim,

$$\omega = \left(\frac{2\pi}{T}\right) = 0,1 \text{ rad/s} \Rightarrow a_c = \omega^2 r = 0,04 \text{ m/s}^2 \text{ e constante.}$$

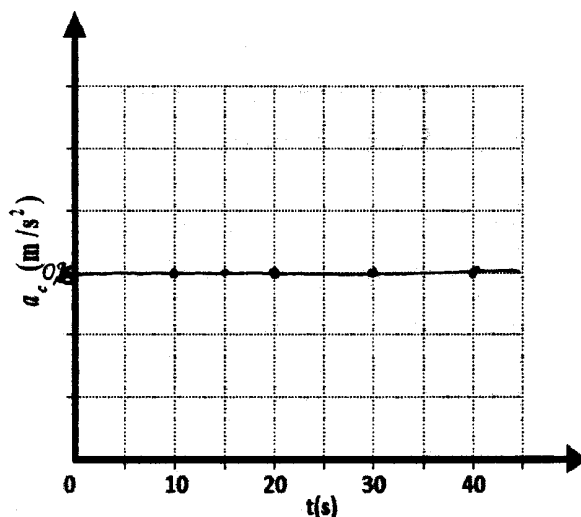
Exemplo Acima da Média

b) Usando $\omega_0 = 0,2 \text{ rad/s}$; temos $a_c = 0,16 \text{ m/s}^2$ constante

a)



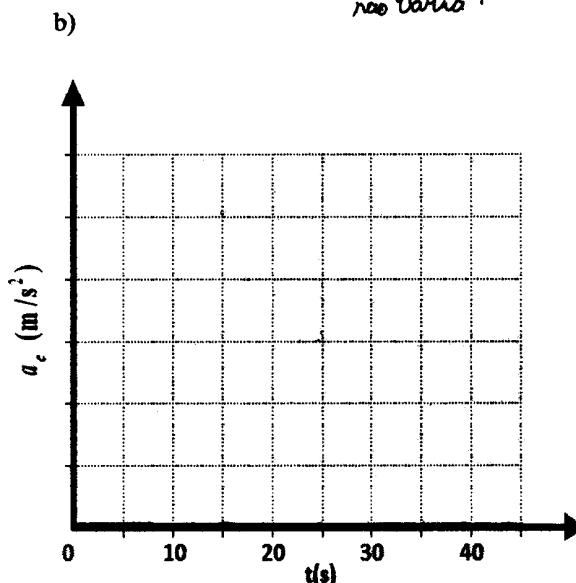
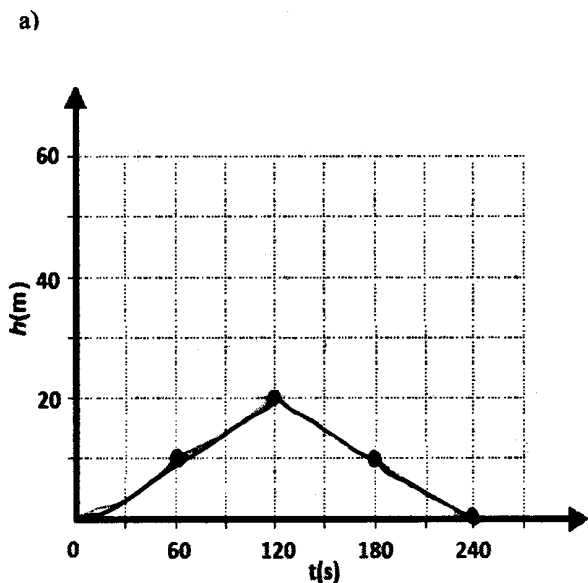
b)



No item **a**, o candidato marca corretamente no gráfico os valores da altura h para os tempos propostos e esboça o comportamento esperado para um movimento harmônico. No item **b**, o valor estimado pelo candidato da velocidade angular ω_0 difere da resposta esperada, mas é coerente com os valores reais. O candidato também indica corretamente no gráfico o fato de que a aceleração centrípeta é constante.

Exemplo Abaixo da Média

a) 60 s é $\frac{1}{4}$ do período, se a roda gigante gira 360° , ela gira em 60 s 90° , subindo assim 10 m. $180^\circ \Rightarrow 20$ m, $270^\circ \Rightarrow 10$ m, $360^\circ \Rightarrow 0$.
 b) Supondo que ω_0 é de 2 rad/s, tem-se a_c constante, já que a velocidade angular não varia.



No item **a**, o candidato calcula erradamente os valores de h para os tempos propostos e esboça o comportamento esperado de h como se ele fosse um movimento linear, e não um movimento harmônico. No item **b**, o candidato estima o valor de ω_0 muito acima dos valores reais e, apesar de dizer que a aceleração centrípeta é constante, não esboça o seu comportamento no gráfico.

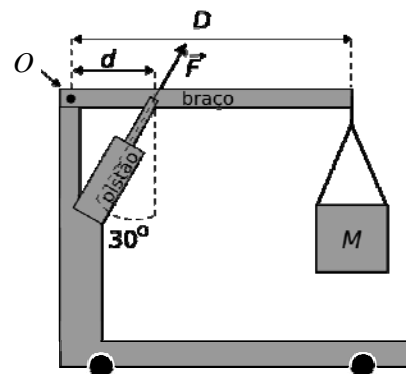
Comentários

A questão 18 usa exemplos de brinquedos de parques de diversões para ilustrar algumas leis da física. O item **a**, propõe ao candidato indicar, em um gráfico, a altura h de uma criança em uma roda gigante para valores de tempo dados e em seguida esboçar a variação de h ao longo de um período de rotação. Nesta questão são explorados conceitos de movimento circular e o fato de que h varia senoidalmente com o tempo. O item **b** propõe ao candidato estimar a velocidade angular de um carrossel e, usando conceitos de dinâmica, calcular e marcar em um gráfico o módulo da aceleração centrípeta por uma criança neste carrossel, a qual deve ser constante.

Questão 19

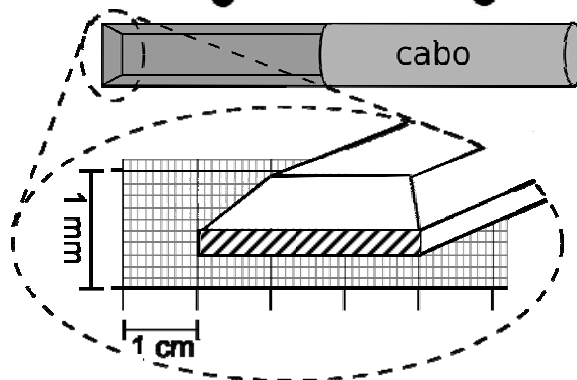
O homem tem criado diversas ferramentas especializadas, sendo que para a execução de quase todas as suas tarefas há uma ferramenta própria.

- a) Uma das tarefas enfrentadas usualmente é a de levantar massas cujo peso excede as nossas forças. Uma ferramenta usada em alguns desses casos é o guincho girafa, representado na figura ao lado. Um braço móvel é movido por um pistão e gira em torno do ponto O para levantar uma massa M . Na situação da figura, o braço encontra-se na posição horizontal, sendo $D = 2,4 \text{ m}$ e $d = 0,6 \text{ m}$. Calcule o módulo da força \vec{F} exercida pelo pistão para equilibrar uma massa $M = 430 \text{ kg}$. Despreze o



peso do braço. Dados: $\cos 30^\circ = 0,86$ e $\sin 30^\circ = 0,50$.

- b) Ferramentas de corte são largamente usadas nas mais diferentes situações como, por exemplo, no preparo dos alimentos, em intervenções cirúrgicas, em trabalhos com metais e em madeira. Uma dessas ferramentas é o formão, ilustrado na figura ao lado, que é usado para entalhar madeira. A área da extremidade cortante do formão que tem contato com a madeira é detalhada com linhas diagonais na figura, sobre uma escala graduada. Sabendo que o módulo da força exercida por um martelo ao golpear a base do cabo do formão é $F = 4,5 \text{ N}$, calcule a pressão exercida na madeira.



Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$\sum \vec{\tau} = 0 \Rightarrow 430 \times 10 \times 2,4 - F \cos 30^\circ \times 0,6 = 0$$

$$F = \frac{17200}{0,86} = 20 \text{ kN}$$

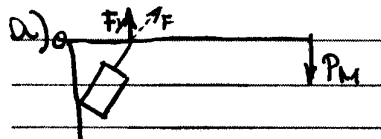
b) (2 pontos)

$$P = \frac{F}{A} \text{ e } A = 0,2 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} = 6,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

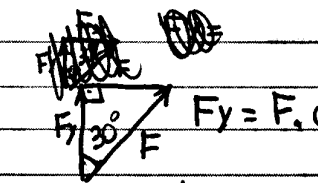
$$P = \frac{4,5}{6,0 \times 10^{-6}} = 7,5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) 

$M_p = M_{FV}$
 $430 \cdot 10 \cdot 2,4 = F_y \cdot 0,6$
 $F_y = 4300 \cdot 4 = 17200 \text{ N}$



$F_y = F \cdot \cos 30$
 $F = \frac{F_y}{\cos}$

$F = \frac{17200}{0,86} = 2 \cdot 10^4 \text{ N}$

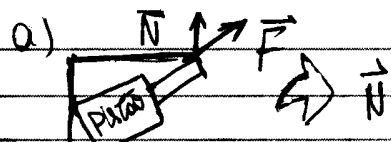
b) Pressão = $\frac{\text{Força}}{\text{Área}} \rightarrow 4,5 \text{ N}$
 $x = 3 \text{ cm} \cdot \frac{1 \cdot 1 \text{ mm}}{5} \approx 30 \cdot \frac{1}{10}$
 $1 \text{ mm} = 0,1 \text{ cm}$
 $3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}$
 $x = 6 \text{ mm} = 0,6 \text{ cm}$

$P = \frac{4,5}{0,6}$

$P = 7,5 \text{ N/mm}$

Nesse exemplo, o candidato resolve o item a de forma correta, considerando a soma dos torques igual a zero e utilizando, nos cálculos, a projeção da força perpendicular ao braço da alavanca. No item b, o candidato lê corretamente o gráfico e, diferentemente da grande maioria (que transforma a leitura em metros), calcula a área em milímetros. A partir daí, o candidato se confunde na conversão de unidade para chegar à resposta final.

Exemplo Abaixo da Média

a) 

$\cos 30^\circ = \frac{|N|}{|F|} \rightarrow 0,86 = \frac{430 \cdot 10}{F}$
 $\rightarrow 30^\circ \rightarrow F = \frac{4300}{0,86} \rightarrow F = 5000 \text{ N}$
 Resp. \uparrow

b) $P = \frac{F_{\text{forte}}}{A_{\text{forte}}} \Rightarrow P = \frac{4,5}{10^2 \cdot 10^{-3}}$
 $\Rightarrow P = \frac{4,5}{10^{-5}} \Rightarrow P = 450000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
 Resp. \leftarrow

O candidato resolve o item a de forma equivocada, considerando apenas a resultante das forças igual a zero. Demonstra não ter a noção exata da diferença entre os conceitos de força e torque. No item b, o candidato se equivoca na leitura do gráfico, apesar de aplicar corretamente a equação que envolve pressão, força e área.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

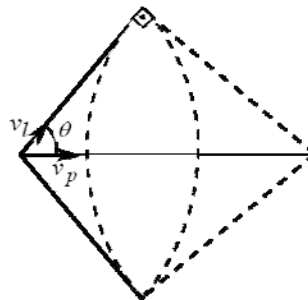
Comentários

A Questão 19 aborda o conceito de alavancas e de pressão no uso de ferramentas na execução de tarefas. No item **a**, um sistema de alavancas é mostrado e o candidato deve atentar para o fato de que a soma dos torques é igual a zero, lembrando-se de considerar a projeção da força do pistão perpendicular ao braço. O item **b** avalia a capacidade de leitura gráfica do candidato. É preciso extrair as medidas da figura, com escalas diferentes nas duas direções, para o cálculo da área da extremidade cortante do formão. Em seguida, o candidato deve dividir a intensidade da força dada no enunciado pela área calculada para obter a pressão.

Questão 20

A radiação Cerenkov ocorre quando uma partícula carregada atravessa um meio isolante com uma velocidade maior do que a velocidade da luz nesse meio. O estudo desse efeito rendeu a Pavel A. Cerenkov e colaboradores o prêmio Nobel de Física de 1958. Um exemplo desse fenômeno pode ser observado na água usada para refrigerar reatores nucleares, em que ocorre a emissão de luz azul devido às partículas de alta energia que atravessam a água.

- a) Sabendo-se que o índice de refração da água é $n = 1,3$, calcule a velocidade máxima das partículas na água para que não ocorra a radiação Cerenkov. A velocidade da luz no vácuo é $c = 3,0 \times 10^8$ m/s .
- b) A radiação Cerenkov emitida por uma partícula tem a forma de um cone, como está ilustrado na figura abaixo, pois a sua velocidade, v_p , é maior do que a velocidade da luz no meio, v_l . Sabendo que o cone formado tem um ângulo $\theta = 50^\circ$ e que a radiação emitida percorreu uma distância $d = 1,6$ m em $t = 12$ ns, calcule v_p . Dados: $\cos 50^\circ = 0,64$ e $\sin 50^\circ = 0,76$.

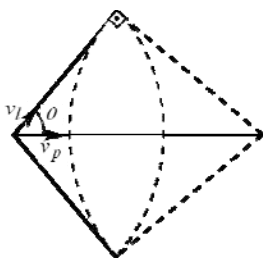


Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{3,0 \times 10^8}{1,3} = 2,3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

b) (2 pontos)



$$v_l = \frac{1,6}{12 \times 10^{-9}} = v_p \cos 50^\circ$$

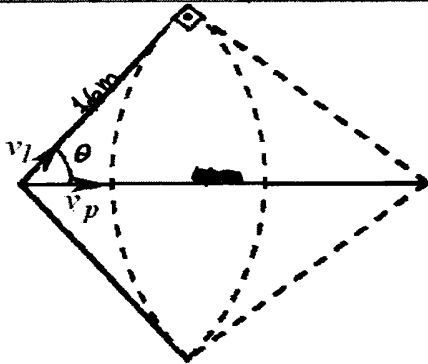
$$v_p \cong 2,1 \times 10^8 \text{ m/s}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) índice de refração: $n = \frac{c}{v}$ $1,3 = \frac{3 \times 10^8}{v_{\text{max}}}$ $v_{\text{max}} = 2,3 \times 10^8 \text{ m/s}$ //
 (para que o fenômeno não ocorra)

b) de enunciado: $v_p > v_l$ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $v_p = 4,833 \times 10^8 \text{ m/s}$
 $\theta = 50^\circ$ $d = 1,6 \text{ m}$ $t = 12 \text{ ns} = 12 \times 10^{-9} \text{ s}$ Δx



$v_l = 2,3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (do item a)

$\cos \theta = \frac{v_l}{v_p}$ $0,64 = \frac{2,3 \times 10^8}{v_p}$

$v_p = 4 \times 10^8 \text{ m/s}$ //

O candidato compreende a explicação sobre quando ocorre a radiação Cerenkov e resolve o item **a** de forma correta, relacionando adequadamente o índice de refração do meio com a velocidade da luz do meio e a velocidade no vácuo.

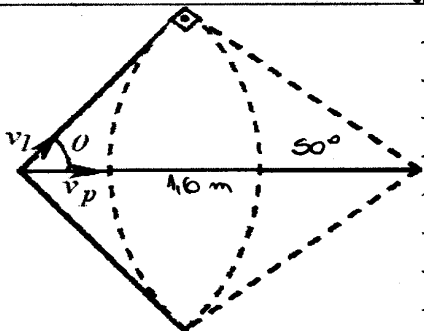
Com relação ao item **b**, o candidato demonstra ter conhecimento do tema e esboça o que a questão solicita, escrevendo as equações necessárias para a solução correta. No entanto, inexplicavelmente, utiliza a resposta do item **a** para resolver o item **b**, ignorando o que já havia escrito.

Exemplo Abaixo da Média

a)
 $n \cdot c = 1,3 \cdot 3,0 \times 10^8 \text{ m/s} = 3,9 \times 10^8 \text{ m/s}$
 - para que não ocorra a radiação Cerenkov $v < 3,9 \times 10^8 \text{ m/s}$

b) $v_p > v_l$

$v_p = d \cdot t \cdot \sin 50^\circ = 1,6 \text{ m} \cdot 12 \text{ ns} \cdot 0,76 = 19,2 \cdot 0,76 = 14,592$



$v_p = 14,592$

Nesse exemplo, o candidato resolve o item **a** de forma incorreta, demonstrando não saber relacionar o índice de refração com a velocidade da luz do meio e no vácuo.

No item **b**, o candidato escreve erroneamente as equações necessárias para a solução, chegando assim a um resultado completamente equivocado.

Comentários

A Questão 20 versa sobre a radiação Cerenkov. No item **a**, o candidato deve compreender que a radiação Cerenkov ocorre em um dado meio material quando a partícula carregada se desloca com velocidade superior à da luz neste meio ($v > c/n$). A partir da definição do índice de refração, ele pode calcular a velocidade máxima da partícula na água.

O item **b** testa a compreensão da figura que representa a geometria da radiação Cerenkov. Apenas conceitos básicos de Cinemática ($v = \frac{\Delta v}{\Delta \tau}$) e de trigonometria são exigidos para a resolução do item.

Questão 21

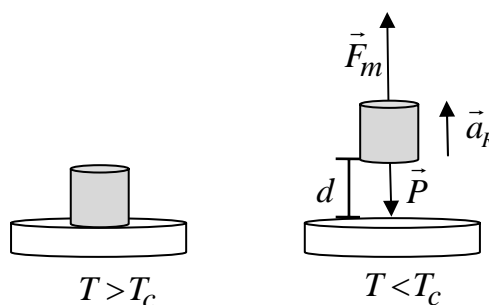
Em 2011 comemoram-se os 100 anos da descoberta da supercondutividade. Fios supercondutores, que têm resistência elétrica nula, são empregados na construção de bobinas para obtenção de campos magnéticos intensos. Esses campos dependem das características da bobina e da corrente que circula por ela.

- a) O módulo do campo magnético B no interior de uma bobina pode ser calculado pela expressão $B = \mu_0 ni$, na qual i é a corrente que circula na bobina, n é o número de espiras por unidade de comprimento e $\mu_0 = 1,3 \times 10^{-6} \frac{Tm}{A}$. Calcule B no interior de uma bobina de 25000 espiras, com comprimento $L = 0,65$ m, pela qual circula uma corrente $i = 80$ A.
- b) Os supercondutores também apresentam potencial de aplicação em levitação magnética. Considere um ímã de massa $m = 200$ g em repouso sobre um material que se torna supercondutor para temperaturas menores que uma dada temperatura crítica T_c . Quando o material é resfriado até uma temperatura $T < T_c$, surge sobre o ímã uma força magnética \vec{F}_m . Suponha que \vec{F}_m tem a mesma direção e sentido oposto ao da força peso \vec{P} do ímã, e que, inicialmente, o ímã sobe com aceleração constante de módulo $a_R = 0,5$ m/s², por uma distância $d = 2,0$ mm, como ilustrado na figura abaixo. Calcule o trabalho realizado por \vec{F}_m ao longo do deslocamento d do ímã.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$B = 1,3 \times 10^{-6} \times \frac{25000}{0,65} \times 80 = 4,0 \text{ T}$$



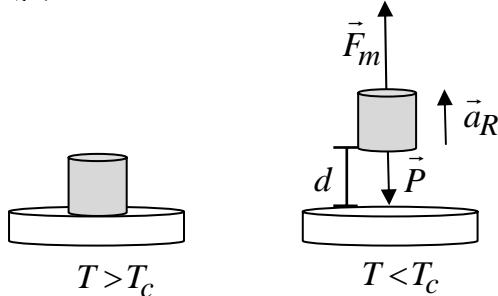
CIÊNCIAS DA NATUREZA

b) (2 pontos)

$$F_M - P = ma_R$$

$$F_M = mg + ma_R = m(g + a_R) = 0,2 \times 10,5 = 2,1 \text{ N}$$

Logo,



$$W = F_M d = 2,1 \times 2,0 \times 10^{-3} = 4,2 \text{ mJ}$$

Exemplo Acima da Média

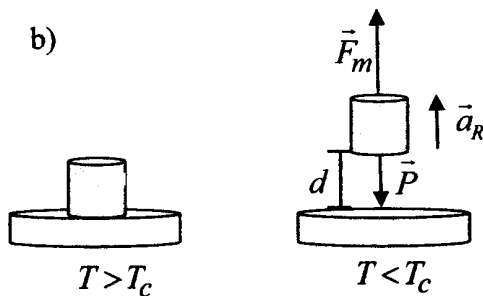
a) Aplicando a fórmula, temos:

$$B = \mu_0 \cdot n \cdot i = \frac{1,3 \cdot 10^{-6} \cdot \text{T} \cdot \text{m}}{\text{A}} \cdot \frac{25000 \cdot 80 \text{ A}}{0,65 \text{ m}} = 4 \text{ T}$$

b) Seja W o trabalho da força resultante:

$$W^{FR} = F_R \cdot d \cdot \cos 0^\circ = (F_M - P) \cdot d = (m \cdot a_R) \cdot d \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W^{FR} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ J}$$



Portanto o trabalho realizado pela F_M :

$$W^{FR} = W^{F_M} - W^P$$

$$2 \cdot 10^{-4} = W^{F_M} - (mg \Delta h)$$

$$W^{F_M} = 2 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-8}$$

$$W^{F_M} = 42 \cdot 10^{-4}$$

$$W^{F_M} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

Nesse exemplo, o candidato resolve o item **b** calculando separadamente o trabalho da força resultante e o trabalho da força peso e, a partir deles, encontra corretamente o trabalho da força magnética. No item **a**, o candidato utiliza corretamente a expressão fornecida para o cálculo do campo magnético da bobina.

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Abaixo da Média

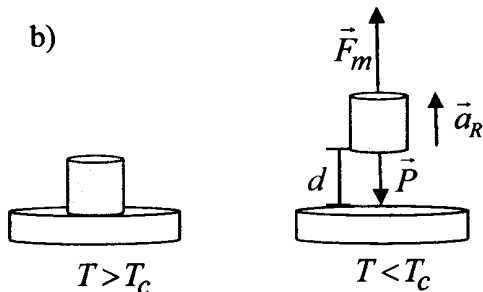
$$a) \beta = \frac{1,3 \cdot 10^{-6} \cdot 25000 \cdot 80}{0,65}$$

$$\beta = 4 T_m$$

$$b) F = m \cdot g \cdot h \quad \text{Trabalho realizado foi de } 4 \cdot 10^{-3} \text{ N}$$

$$F = 0,2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 10^{-3}$$

$$F = 4 \cdot 10^{-3}$$



O candidato comete um erro de unidade no item **a**, ao fornecer o resultado para módulo de campo magnético em T_m . No item **b**, ele usa equivocadamente a expressão da variação da energia potencial gravitacional para o cálculo do trabalho da força magnética e, de forma também errônea, fornece sua resposta em N.

Comentários

Esta questão aborda conhecimentos de magnetismo e dinâmica contextualizados nas propriedades extraordinárias dos supercondutores. No item **a**, o candidato deve utilizar os dados e a expressão fornecida para obter o módulo do campo magnético no interior de uma bobina. Já no item **b**, o candidato deve aplicar a Segunda Lei de Newton para encontrar o módulo da força magnética F_m e calcular o trabalho dessa força ao longo do deslocamento d .

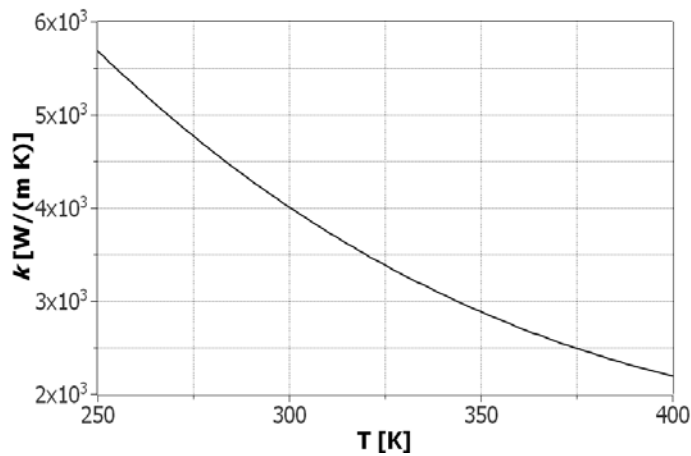
Questão 22

O grafeno é um material formado por uma única camada de átomos de carbono agrupados na forma de hexágonos, como uma colmeia. Ele é um excelente condutor de eletricidade e de calor e é tão resistente quanto o diamante. Os pesquisadores Geim e Novoselov receberam o prêmio Nobel de Física em 2010 por seus estudos com o grafeno.

- a) A quantidade de calor por unidade de tempo Φ que flui através de um material de área A e espessura d que separa dois reservatórios com temperaturas distintas T_1 e T_2 , é dada por $\Phi = \frac{kA(T_2 - T_1)}{d}$, onde k é a condutividade térmica do material. Considere que, em um experimento, uma folha de grafeno de $A = 2,8 \mu\text{m}^2$ e $d = 1,4 \times 10^{-10} \text{ m}$ separa dois microrreservatórios térmicos mantidos a temperaturas ligeiramente distintas $T_1 = 300 \text{ K}$ e $T_2 = 302 \text{ K}$. Usando o gráfico abaixo, que mostra a condutividade

CIÊNCIAS DA NATUREZA

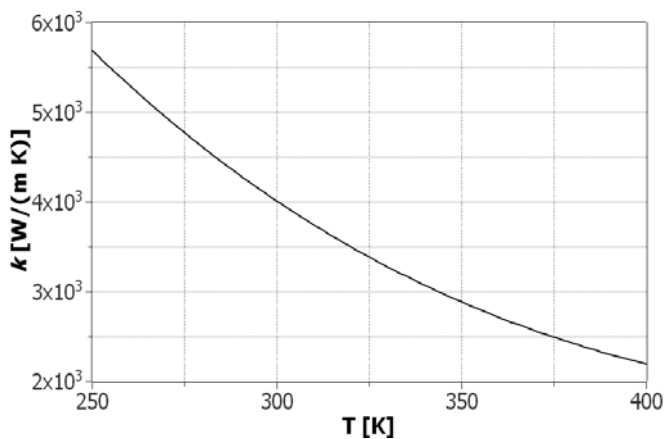
térmica k do grafeno em função da temperatura, obtenha o fluxo de calor Φ que passa pela folha nessas condições.



- b) A resistividade elétrica do grafeno à temperatura ambiente, $\rho = 1,0 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$, é menor que a dos melhores condutores metálicos, como a prata e o cobre. Suponha que dois eletrodos são ligados por uma folha de grafeno de comprimento $L = 1,4 \mu\text{m}$ e área de seção transversal $A = 70 \text{ nm}^2$, e que uma corrente $i = 40 \mu\text{A}$ percorra a folha. Qual é a diferença de potencial entre os eletrodos?

Resposta Esperada

a) (2 pontos)



$$\Phi = \frac{kA(T_2 - T_1)}{e} = \frac{4 \times 10^3 \times 2,8 \times 10^{-12} (302 - 300)}{1,4 \times 10^{-10}} = 160 \text{ W}$$

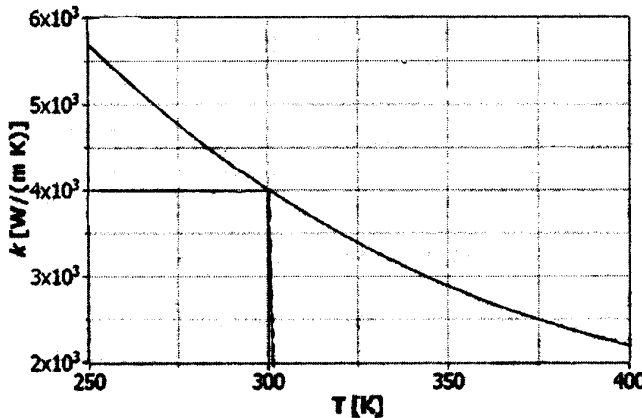
b) (2 pontos)

$$U = Ri = \frac{\rho L}{A} i = \frac{1,0 \times 10^{-8} \times 1,4 \times 10^{-6}}{70 \times 10^{-18}} \times 40 \times 10^{-6} = 8,0 \text{ mV}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

a) Para temperaturas ligeiramente distintas, temos no gráfico que



$$\begin{cases} \kappa = 4 \cdot 10^3 \text{ W/mK} \\ A = 2,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 & \text{substituindo} \\ d = 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ m} & \text{na fórmula} \\ T_1 = 300 \text{ K e } T_2 = 302 & \text{dados, tem-se} \end{cases}$$

$$\Phi = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 2,8 \cdot 10^{-6} (302 - 300)}{1,4 \cdot 10^{-10}}$$

$$\boxed{\Phi = 1,6 \cdot 10^8 \text{ W}}$$

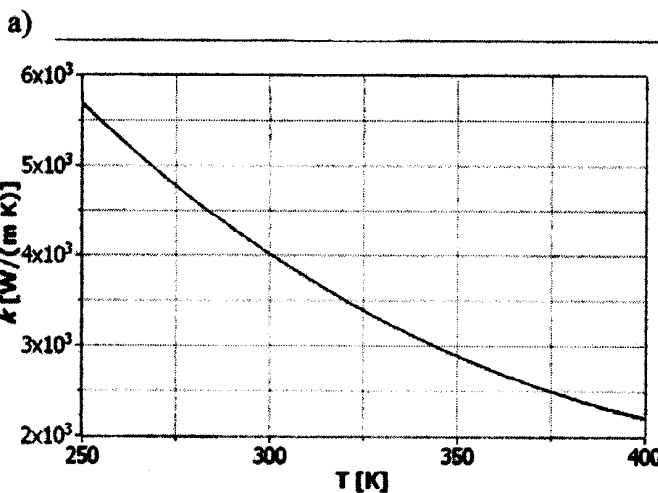
b) $\rho = 10^{-8} \Omega \text{ m}$ Para relação $R = \frac{\rho \cdot L}{A}$, temos $R = \frac{10^{-8} \cdot 1,4 \cdot 10^{-6}}{70 \cdot 10^{-18}}$

$$\begin{cases} L = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m} \\ A = 70 \cdot 10^{-18} \text{ m}^2 \\ i = 40 \cdot 10^{-6} \text{ A} \end{cases} \quad \boxed{R = 200 \Omega}$$

para cálculo da ddp, temos $U = R \cdot i \Rightarrow U = 200 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \Rightarrow \boxed{U = 8 \cdot 10^{-3} \text{ V}}$

O candidato resolve corretamente o item b, mas comete um erro de unidade no item a, ao converter a área da folha de grafeno de $A = 2,8 \mu\text{m}^2$ para $2,8 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, ao invés de $2,8 \times 10^{-12} \text{ m}^2$.

Exemplo Abaixo da Média



a) $\Phi = \frac{4 \cdot 10^3 (302 - 300)}{1,4}$

$$\Phi = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 2,8 (302 - 300)}{1,4 \cdot 10^{-10}}$$

$$\boxed{\Phi = 16 \cdot 10^{13} \text{ cal/s}}$$

b) $R = \frac{\rho L}{A} \rightarrow R = \frac{10^{-8} \cdot 1,4}{70}$

$$R = 2 \cdot 10^{-10} \Omega$$

$$R = U \cdot i$$

$$2 \cdot 10^{-10} = U \cdot 40 \cdot 10^{-6}$$

$$\boxed{U = 5 \cdot 10^{-6} \text{ V}}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

O candidato comete o equívoco de não converter a área fornecida em μm^2 para m^2 , para calcular o fluxo de calor pedido no item **a**, cuja unidade correta é W. No item **b**, além de não converter as unidades da área e do comprimento da folha de grafeno para unidades do sistema internacional, o candidato usa uma expressão equivocada para a Lei de Ohm.

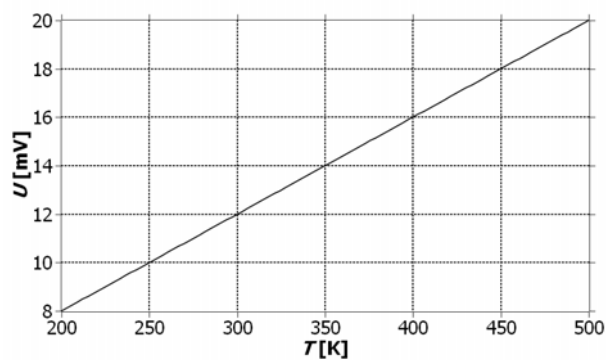
Comentários

O material grafeno, estudado pelos ganhadores do prêmio Nobel de Física de 2010, serve de tema para essa questão que aborda os conceitos de condução de calor e resistividade elétrica. No item **a**, o candidato deve obter do gráfico fornecido a condutividade térmica do grafeno para $T \approx 300 \text{ K}$, e calcular o fluxo de calor através da folha de grafeno usando a expressão fornecida. Para obter a d.d.p. entre os eletrodos da folha de grafeno, o candidato deveria conhecer a relação entre a resistência elétrica e a resistividade do material e aplicar a Lei de Ohm.

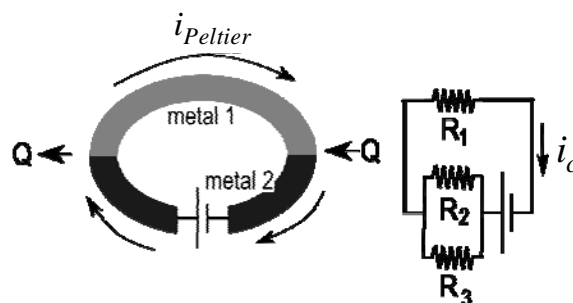
Questão 23

Quando dois metais são colocados em contato formando uma junção, surge entre eles uma diferença de potencial elétrico que depende da temperatura da junção.

- a) Uma aplicação usual desse efeito é a medição de temperatura através da leitura da diferença de potencial da junção. A vantagem desse tipo de termômetro, conhecido como termopar, é o seu baixo custo e a ampla faixa de valores de temperatura que ele pode medir. O gráfico **a)** abaixo mostra a diferença de potencial U na junção em função da temperatura para um termopar conhecido como Cromel-Alumel. Considere um balão fechado que contém um gás ideal cuja temperatura é medida por um termopar Cromel-Alumel em contato térmico com o balão. Inicialmente o termopar indica que a temperatura do gás no balão é $T_i = 300 \text{ K}$. Se o balão tiver seu volume quadruplicado e a pressão do gás for reduzida por um fator 3, qual será a variação $\Delta U = U_{\text{final}} - U_{\text{inicial}}$ da diferença de potencial na junção do termopar?



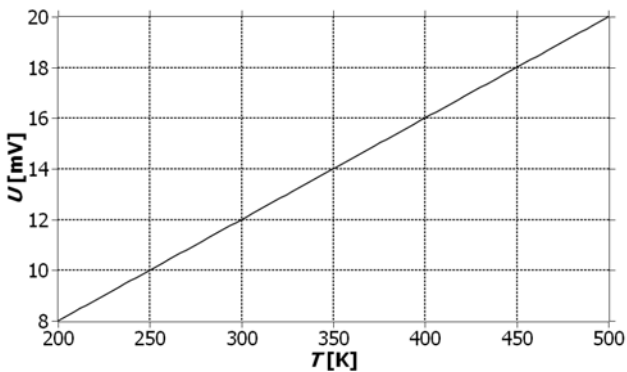
- b) Outra aplicação importante do mesmo efeito é o refrigerador Peltier. Neste caso, dois metais são montados como mostra a figura **b)** abaixo. A corrente que flui pelo anel é responsável por transferir o calor de uma junção para a outra. Considere que um Peltier é usado para refrigerar o circuito abaixo, e que este consegue drenar 10 % da potência total dissipada pelo circuito. Dados $R_1 = 0,3 \Omega$, $R_2 = 0,4 \Omega$ e $R_3 = 1,2 \Omega$, qual é a corrente i_c que circula no circuito, sabendo que o Peltier drena uma quantidade de calor $Q = 540 \text{ J}$ em $\Delta t = 40 \text{ s}$?



CIÊNCIAS DA NATUREZA

Resposta Esperada

a) (2 pontos)



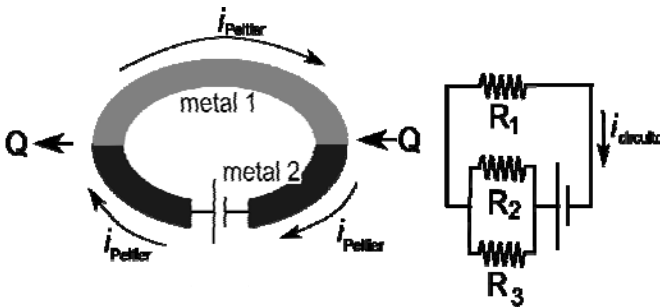
$$\frac{P'V_i}{T_i} = \frac{P_f V_f}{T_f} \Rightarrow T_f = \frac{P_i V_i}{3P_f V_i} T_i = 400 \text{ K}$$

Assim,

$$U_f = 16 \text{ mV e } U_i = 12 \text{ mV}$$

$$\Delta U = 4 \text{ mV}$$

b) (2 pontos)

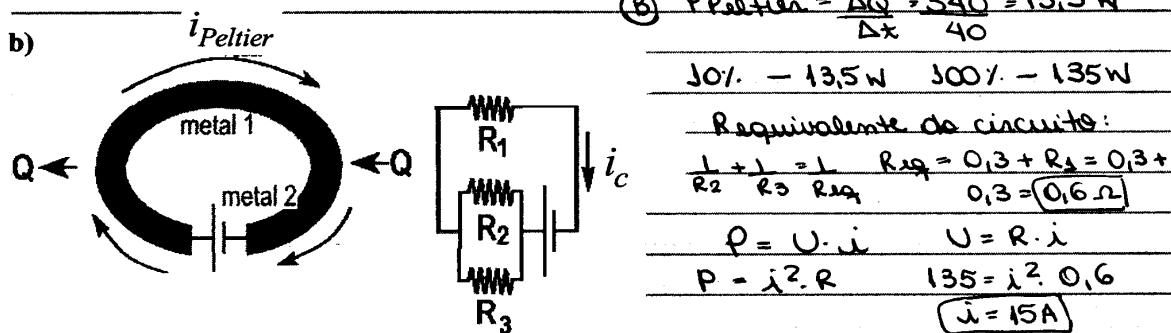
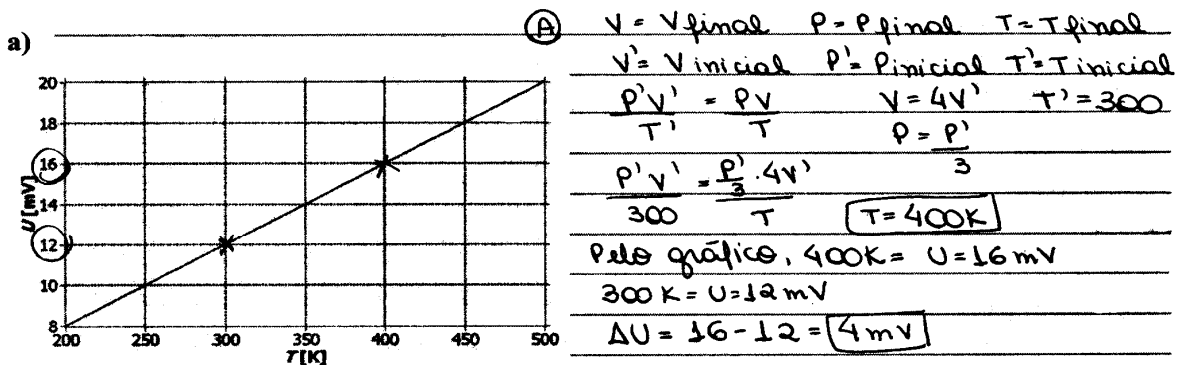


$$R_{eq} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = 0,6 \, \Omega$$

$$0,1 P_T = \frac{Q}{t} \Rightarrow P_T = 135 \text{ W}$$

$$P_T = R i_c^2 \Rightarrow i_c = \sqrt{\frac{135}{0,6}} = 15 \text{ A}$$

Exemplo Acima da Média

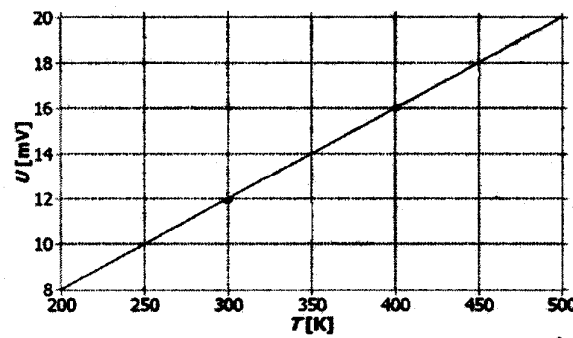


CIÊNCIAS DA NATUREZA

No item **a**, o candidato demonstra conhecimento da Lei dos Gases Perfeitos e descreve claramente os estados inicial e final do gás ideal no interior do balão. Ao aplicar corretamente esta lei, ele deduz a temperatura final do gás e, através da leitura correta do gráfico de calibração do termopar de Cromel-Alumel, chega ao resultado correto para a diferença de potencial na junção deste termopar. No item **b**, o candidato utiliza corretamente a expressão da potência drenada pelo refrigerador Peltier e calcula corretamente a resistência equivalente do circuito para chegar ao valor preciso da corrente necessária para refrigerar este circuito.

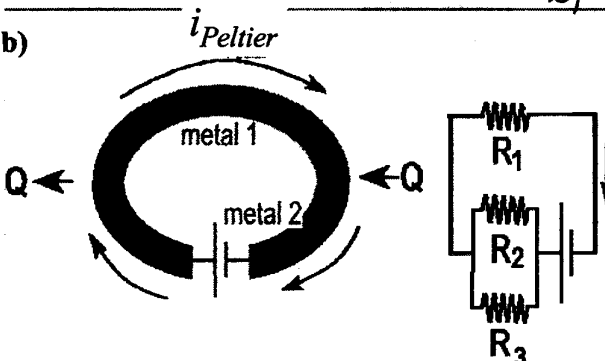
Exemplo Abaixo da Média

a) $PV = nRT \Rightarrow \frac{P}{3} \cdot 4V = nRT \Rightarrow PV = \frac{3}{4} nRT$



Pelo gráfico, $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(16 - 12) \cdot 10^{-3}}{100} = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-2} = 4 \cdot 10^{-5}$

b) $R_{eq} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{0,48}{1,6} = 0,3$ (paralelo)



$R_{eq}' = \frac{R_1 \cdot R_{eq}}{R_1 + R_{eq}} \Rightarrow$ Como $R_1 = R_{eq}$
 $R_{eq}' = \frac{0,3}{2} = 0,15 \Omega$

No item **a**, o candidato, apesar de utilizar corretamente a Lei do Gás Ideal, não consegue utilizar as informações fornecidas pelo gráfico de calibração do termopar, pois confunde a leitura simples dos valores da diferença de potencial em função da temperatura com o cálculo do coeficiente angular desta reta. No item **b**, o candidato não consegue calcular corretamente a resistência equivalente do circuito, confundindo o conceito de resistência equivalente em série com a resistência equivalente em paralelo.

Comentários

O desenvolvimento de novos materiais com aplicações termoelétricas é uma área de extrema importância na atualidade pela necessidade mundial de fontes de energias limpas e renováveis. Esta questão ilustra dois conceitos importantes relacionados com propriedades termoelétricas e avalia os conhecimentos do candidato sobre energia, potência, associação de resistores e comportamento dos gases perfeitos.

Questão 24

Em 1905 Albert Einstein propôs que a luz é formada por partículas denominadas fótons. Cada fóton de luz transporta uma quantidade de energia $E = h\nu$ e possui momento linear $p = \frac{h}{\lambda}$, em que $h = 6,6 \times 10^{-34}$ Js é a constante de Planck e ν e λ são, respectivamente, a frequência e o comprimento de onda da luz.

- a) A aurora boreal é um fenômeno natural que acontece no Polo Norte, no qual efeitos luminosos são produzidos por colisões entre partículas carregadas e os átomos dos gases da alta atmosfera terrestre. De modo geral, o efeito luminoso é dominado pelas colorações verde e vermelha, por causa das colisões das partículas carregadas com átomos de oxigênio e nitrogênio, respectivamente.

Calcule a razão $R = \frac{E_{\text{verde}}}{E_{\text{vermelho}}}$ em que E_{verde} é a energia transportada por um fóton de luz verde com

$\lambda_{\text{verde}} = 500$ nm, e E_{vermelho} é a energia transportada por um fóton de luz vermelha com $\lambda_{\text{vermelho}} = 650$ nm.

- b) Os átomos dos gases da alta atmosfera estão constantemente absorvendo e emitindo fótons em várias frequências. Um átomo, ao absorver um fóton, sofre uma mudança em seu momento linear, que é igual, em módulo, direção e sentido, ao momento linear do fóton absorvido. Calcule o módulo da variação de velocidade de um átomo de massa $m = 5,0 \times 10^{-26}$ kg que absorve um fóton de comprimento de onda $\lambda = 660$ nm.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

Os efeitos luminosos da aurora boreal são transmitidos ao vivo pela Agência Espacial Canadense no endereço: <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/auroramax/>.

$$R = \frac{E_{\text{verde}}}{E_{\text{vermelho}}} = \frac{h\nu_{\text{verde}}}{h\nu_{\text{vermelho}}} = \frac{c/\lambda_{\text{verde}}}{c/\lambda_{\text{vermelho}}} = \frac{\lambda_{\text{vermelho}}}{\lambda_{\text{verde}}} = \frac{650 \text{ nm}}{500 \text{ nm}} = 1,3$$

b) (2 pontos)

$$m\Delta v_a = p_{\text{foton}} = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow \Delta v_a = \frac{6,6 \times 10^{-34}}{5,0 \times 10^{-26} \times 660 \times 10^{-9}} = 0,02 \text{ m/s}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

Exemplo Acima da Média

$$a) \nu_{\text{luz}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$3 \cdot 10^8 = \lambda_{\text{verde}} \cdot \nu_{\text{verde}} = 500 \cdot 10^{-9} \nu_{\text{verde}}$$

$$3 \cdot 10^8 = 5 \cdot 10^{-7} \nu_{\text{verde}}$$

$$\nu_{\text{verde}} = \frac{3 \cdot 10^8}{5} = 0,6 \cdot 10^{15} = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

$$3 \cdot 10^8 = \lambda_{\text{verm}} \cdot \nu_{\text{verm}}$$

$$3 \cdot 10^8 = 650 \cdot 10^{-9} \nu_{\text{verm}}$$

$$3 \cdot 10^8 = 6,5 \cdot 10^{-7} \nu_{\text{verm}}$$

$$\nu_{\text{verm}} = \frac{3 \cdot 10^8}{6,5} = \frac{6}{13} \cdot 10^{15}$$

$$E_{\text{verde}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6 \cdot 10^{14} = 39,6 \cdot 10^{-20}$$

$$E_{\text{verm}} = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{6}{13} \cdot 10^{15} = \frac{39,6}{13} \cdot 10^{-19}$$

$$R = \frac{h \nu_{\text{verde}}}{h \nu_{\text{verm}}} = \frac{6 \cdot 10^{14}}{\frac{6}{13} \cdot 10^{15}} = 1,3$$

$$R = 1,3$$

$$b) p = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{660 \cdot 10^{-9}} = \frac{10^{-34}}{10^{-7}} = 10^{-27} \text{ //}$$

$$m \Delta v = 10^{-27}$$

$$\Delta v = \frac{10^{-27}}{5 \cdot 10^{-26}} = \frac{1}{50} = 0,02$$

$$\Delta v = 0,02 \text{ m/s}$$

No item **a**, o candidato utiliza corretamente os conceitos fundamentais de energia e momento das partículas de luz denominadas fótons por Einstein, e realiza uma dedução detalhada da relação entre as energias dos fótons verde e vermelho, predominantes no fenômeno de aurora boreal. No item **b**, o candidato utiliza corretamente o conceito de transferência de momento linear entre o átomo e o fóton no processo de absorção luminosa.

Exemplo Abaixo da Média

$$a) E_{\text{verde}} = \frac{h^2}{\lambda^2} = \frac{43,5 \cdot 10^{-68}}{500 \cdot 10^{-9}} = 0,87 \cdot 10^{-60}$$

$$E_{\text{vermelho}} = \frac{h^2}{\lambda^2} = \frac{43,5 \cdot 10^{-68}}{650 \cdot 10^{-9}} = 0,7 \cdot 10^{-60}$$

$$R = \frac{E_{\text{verde}}}{E_{\text{vermelho}}} \approx 1,24$$

$$b) v = m \cdot p$$

$$\text{sabendo que } p = h/\lambda, \text{ temos: } p = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{660 \cdot 10^{-9}} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34}}{6,6 \cdot 10^{-7}} = 10^{-24} \text{ kg/m}$$

$$v = 5 \cdot 10^{-26} \cdot 10^{-24}$$

$$v = 5 \cdot 10^{-40} \text{ m/s}$$

CIÊNCIAS DA NATUREZA

No item **a**, o candidato não consegue extrair do enunciado os conceitos fundamentais da Física Moderna e confunde as relações entre frequência e comprimento de onda, encontrando expressões equivocadas para a relação entre as energias dos fótons verde e vermelho. No item **b**, o candidato demonstra não ter conhecimento do conceito fundamental de momento linear.

Comentários

As interações dos átomos com fótons luminosos estão na base de muitos fenômenos físicos da natureza, como o fascinante fenômeno da aurora boreal, tema dessa questão. A questão exige do candidato uma capacidade interpretativa do enunciado em relação a conceitos novos de Física Moderna e o conhecimento fundamental de ondulatória e conservação do momento linear.