UNICAMP
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
COMVEST
Comissão Permanente para os Vestibulares

2005 vestibular nacional UNICAMP

2ª Fase

Física

INTRODUÇÃO

As questões de Física do vestibular da Unicamp baseiam-se em assuntos variados do programa do Ensino Médio (que constam do Manual do Candidato). Elas são formuladas de modo a mostrar as ligações entre situações reais e conceitos básicos da Ciência Física, muitas vezes percebidos como um conjunto desconexo de equações e fórmulas abstratas. O sucesso do candidato, neste tipo de prova, depende diretamente da sua capacidade de interpretar a situação proposta e tratá-la a partir de um repertório de conhecimento compatível com aquele adquirido por um estudante egresso do Ensino Médio. A exploração dessas conexões entre conceitos físicos contidos no programa de Ensino Médio e situações reais pode contemplar um amplo leque de opções. A elaboração da prova procura, dentro desse leque, propor questões envolvendo situações ligadas à vida cotidiana (questões 3 e 8), bem como sobre a evolução histórica de tecnologias usadas corriqueiramente (questão 5). Foram abordadas aplicações tecnológicas (questão 11) e de caráter multidisciplinar (questão 12). A prova incluiu também uma questão de estimativa (questão 7), com uma estimativa do volume de gotas de chuva e seu fluxo durante uma chuva forte, fenômeno familiar a todos. Questões com enunciado aparentemente mais tradicional (questões 4 e 6) envolvem na verdade fenômenos cujo tratamento completo estaria além do Ensino Médio, mas uma abordagem adequada torna-os possíveis de serem analisados nesse nível. Além disso, foram propostas questões clássicas de cinemática e dinâmica, contextualizadas em uma modalidade esportiva (questão 1) ou em uma cena de cinema (questão 2), ambas de grande repercussão nos meios de comunicação. Em função do Ano Internacional da Física em 2005, questões voltadas a um aspecto histórico importante (questão 9) ou a um tema de física moderna (efeito fotoelétrico, um dos trabalhos de Albert Einstein, questão 10) foram incluídas.

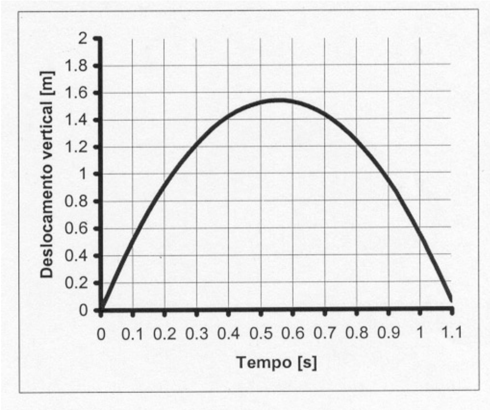
Nesse sentido, a banca elaboradora apresenta um grande número de propostas de questões e as seleciona tendo em vista o equilíbrio entre questões fáceis e difíceis, os diversos itens do programa e a pertinência do fenômeno físico na vida cotidiana do candidato. Vale salientar, uma vez mais, que a banca elaboradora busca apontar a importância de que questões científicas e tecnológicas atuais sejam discutidas anteriormente ao ingresso no ensino superior.

Quanto ao programa, neste vestibular, foram abordados praticamente todos os temas de física do Ensino Médio: mecânica (cerca de 50% da prova), termologia, eletricidade, magnetismo, óptica e física moderna. Após a seleção, as questões passam por um trabalho de aprimoramento na descrição dos dados correspondentes à situação ou ao fenômeno físico, e na clareza do que é perguntado. Formuladas as questões, elas são submetidas a um professor revisor. Para ele, as questões são inteiramente novas e desconhecidas. Sua crítica a elas se fará em termos da clareza dos enunciados, do tempo para resolvê-las, da adequação da linguagem e do programa, bem como da eventual semelhança com questões de provas anteriores. Esse trabalho de revisão, às vezes, obriga a banca a reformular questões e mesmo a substituí-las. A banca elaboradora não mantém bancos de questões, tão pouco utiliza questões de livros ou de qualquer compilação de problemas. Portanto, se alguma questão se parece com a de um livro é porque coincidências são possíveis.

Física

1. O famoso salto duplo *twist* carpado de Daiane dos Santos foi analisado durante um dia de treinamento no Centro Olímpico em Curitiba, através de sensores e filmagens que permitiram reproduzir a trajetória do centro de gravidade de Daiane na direção vertical (em metros), assim como o tempo de duração do salto.

De acordo com o gráfico ao lado, determine:



a) A altura máxima atingida pelo centro de gravidade de Daiane.

b) A velocidade média horizontal do salto, sabendo-se que a distância percorrida nessa direção é de 1,3 m.

c) A velocidade vertical de saída do solo.

RESPOSTA ESPERADA

a) (1 ponto)

Pelo gráfico, a altura máxima atingida é de aproximadamente 1,55 m.

$$V_m = \frac{1,3}{1,1} \cong 1,2 \ m/s$$

b) (2 pontos)

A distância de 1,3 m é percorrida, segundo o gráfico, em 1,1 s. A velocidade média é:

$$0 = V_{0y} - gt_s \Rightarrow V_{0y} = gt_s$$

$$t_s = \frac{1,1}{2} = 0,55 \ s$$

$$V_{0y} = 10 \times 0,55 = 5,5 \ m/s$$

c) (2 pontos)

O tempo de subida é a metade do tempo total do salto. A velocidade vertical de saída pode ser obtida, calculando-se o tempo necessário para atingir o repouso no ponto mais alto sob a ação da gravidade:

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

(a) do gráfico, ponto máximo $\cong$ 1,5 m

(b) $V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{1,3}{1,1} \cong 1,18$ m/s

(c) $V^2 = V_0^2 + 2 \Delta S a$ — do gráfico, em $t = 0,55$, $\Delta S = 1,5$, $V = 0$

$0 = V_0^2 - 2 . 10 . 1,5$

$V_0^2 = 30 \rightarrow V_0 = \sqrt{30}$

velocidade inicial vertical $= \sqrt{30}$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) A altura máxima atingida foi aproximadamente 1,58 metros .

b) $Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{1,3}{0,3} \cong 4,3\ m/s$

c) Aproximadamente 0,05 m/s de acordo com o gráfico .

COMENTÁRIOS

A primeira questão aborda interpretação de gráfico em conjunto com um problema simples de cinemática, contextualizada em um assunto amplamente divulgado pela imprensa. Dessa forma, são contemplados vários objetivos da banca examinadora, conforme discutido na introdução.

O exemplo acima da média ilustra uma resolução alternativa correta à resposta esperada. Por outro lado, no item c não aparecem as unidades na resposta final.

2. No episódio II do filme *Guerra nas Estrelas*, um personagem mergulha em queda livre, caindo em uma nave que se deslocava horizontalmente a 100 m/s com os motores desligados. O personagem resgatado chegou à nave com uma velocidade de 6 m/s na vertical. Considere que a massa da nave é de 650 kg, a do personagem resgatado de 80 kg e a do piloto de 70 kg.

a) Quais as componentes horizontal e vertical da velocidade da nave imediatamente após o resgate?

b) Qual foi a variação da energia cinética total nesse resgate?

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

A velocidade, após o resgate, pode ser obtida através da lei de conservação da quantidade de movimento nas direções vertical e horizontal.

$$M = m_{nave} + m_{piloto} = 650 + 70 = 720\ kg$$
$$m = 80\ kg$$

$$V = 100\ m/s$$
$$\mathrm{v} = 6\ m/s$$

$$Q_{antes} = Q_{depois}$$
$$horizontal:\ Q_{h\ antes} = Q_{h\ depois} \Rightarrow MV = (M+m)V_h' \Rightarrow V_h' = \frac{M}{(M+m)}V$$
$$vertical:\ Q_{\mathrm{v}\ antes} = Q_{\mathrm{v}\ depois} \Rightarrow m\mathrm{v} = (M+m)V_{\mathrm{v}}' \Rightarrow V_{\mathrm{v}}' = \frac{m}{(M+m)}\mathrm{v}$$

$$V_h' = \frac{720}{800}100 = 90\ m/s$$
$$V_{\mathrm{v}}' = \frac{80}{800}6 = 0,6\ m/s$$

b) (2 pontos)

Utilizando-se as velocidades antes e depois do resgate, pode-se achar:

$$E_{cin\ i} = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}720\times(100)^2 + \frac{1}{2}80\times(6)^2 = 3,60\times10^6\ J$$

$$E_{cin\ f} = \frac{1}{2}(M+m)(V_h'^2 + V_v'^2) = \frac{1}{2}800\times(90^2 + 0,6^2) = 3,24\times10^6\ J$$

$$\Delta E_{cin} = E_{cin\ f} - E_{cin\ i} = -3,6\times10^5\ J$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) Horizontal:
$Q_{m_i} = Q_{m_f} \Rightarrow m_i V_i = m_f V_f$
$720Kg \cdot 100 = 800 V_f$
$V_f = 90 m/s$.

Vertical
$Q_{m_i} = Q_{m_f} \Rightarrow m_i \cdot V_i = m_f V_f$
$6 \cdot 80 = V \cdot 800$
$V = 0,6 m/s$.

Componente Horizontal da velocidade é 90m/s e vertical, 0,6m/s

b) $\Delta E_c = \frac{720\cdot(100)^2}{2} - \frac{800(90)^2}{2} + \frac{80(6)^2}{2} - \frac{800(0,6)^2}{2}$ $\qquad E_c = \frac{mV^2}{2}$

$\Delta E_c = 36\cdot10^4 + 1296$

$\boxed{\Delta E_{cT} = 361296 J}$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) velocidade na horizontal = $V_x = 100 m/s$
velocidade na vertical = $V_y = 6 m/s$

b) E cin total = Ec nave + Ec personagem

$E_{cin} = \frac{650+70\cdot100^2}{2} + \frac{80\cdot6^2}{2}$

$E_{cin} = \frac{\cancel{720}\cdot10^4}{\cancel{2}} + \frac{80\cdot\cancel{36}}{\cancel{2}} = 360\cdot10^4 + 1440$

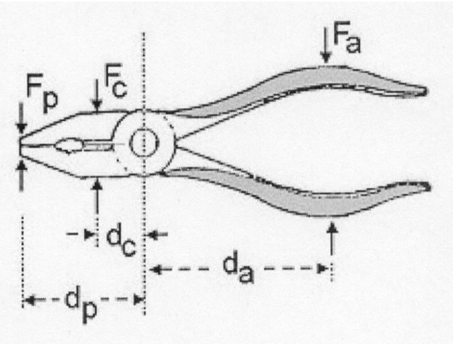
$E_c = 5040\cdot10^3 J$

COMENTÁRIOS

Trata-se de uma questão com um conteúdo tradicional do Ensino Médio: conservação de momento linear (no plano) e cálculo de energia cinética.

3. Uma das aplicações mais comuns e bem sucedidas de alavancas são os alicates. Esse instrumento permite amplificar a força aplicada (F_a), seja para cortar (F_c), ou para segurar materiais pela ponta do alicate (F_p).

a) Um arame de aço tem uma resistência ao corte de 1,3 x 10^9 N/m^2, ou seja, essa é a pressão mínima que deve ser exercida por uma lâmina para cortá-lo. Se a área de contato entre o arame e a lâmina de corte do alicate for de 0,1 mm^2, qual a força F_c necessária para iniciar o corte?



b) Se esse arame estivesse na região de corte do alicate a uma distância d_c = 2 cm do eixo de rotação do alicate, que força F_a deveria ser aplicada para que o arame fosse cortado? (d_a = 10 cm)

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

A força é obtida multiplicando-se a área de contato pela resistência ao corte.

$$R = 1{,}3 \times 10^9 \ \ N/m^2$$

$$A = 0{,}1 \ \ mm^2 = 0{,}1 \times (10^{-3} m)^2 = 1{,}0 \times 10^{-7} m^2$$

$$F_c = RA = 1{,}3 \times 10^9 \ \ \times 1{,}0 \times 10^{-7} = 130 \ \ N$$

b) (2 pontos)

A força desejada é obtida igualando-se seu momento ao da força F_c.

$$F_c \times d_c = F_a \times d_a$$

$$F_a = \frac{d_c}{d_a} F_c = \frac{2}{10} 130 = 26 \ \ N$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) $Pc = 1{,}3.10^9 N/m^2$

$A = 0{,}1 mm^2 = 0{,}1.10^{-6} m^2$

$Fc = P_c A$

$Fc = 1{,}3 . 10^9 . 0{,}1 . 10^{-6}$

$\boxed{Fc = 1{,}3 . 10^2 N}$

b)

$Fc.dc = Fa.da$

$1{,}3 . 10^2 . 2 \cancel{10^{-2}} = Fa . 10 . \cancel{10^{-2}}$

$\boxed{Fa = 1{,}3 . 10 \ N}$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) $F_c = 1{,}3 \times 10^9 \times 0{,}1$

$\boxed{Fc = 1{,}3 \times 10^9}$

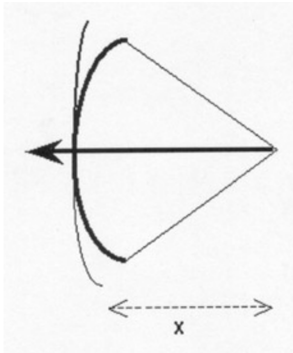
b) $a = \frac{b \times h}{2} \to a = \frac{20}{2} \to a = \boxed{10 \ N/m^2}$

COMENTÁRIOS

A questão aborda conceitos de estática de corpos rígidos e de pressão em uma situação cotidiana.

O exemplo acima da média ilustra uma questão bem resolvida com um pequeno erro de cálculo. O exemplo abaixo da média apresenta problemas claros de conversão de unidades.

4. Num conjunto arco e flecha, a energia potencial elástica é transformada em energia cinética da flecha durante o lançamento. A força da corda sobre a flecha é proporcional ao deslocamento x, como ilustrado na figura.



a) Quando a corda é solta, o deslocamento é x = 0,6 m e a força é de 300 N. Qual a energia potencial elástica nesse instante?

b) Qual será a velocidade da flecha ao abandonar a corda? A massa da flecha é de 50 g. Despreze a resistência do ar e a massa da corda.

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

Através da lei de Hooke, calcula-se a constante elástica do arco. A energia potencial elástica pode, então, ser obtida a partir da constante elástica e do deslocamento.

$$F = 300 \ N$$

$$x = 0,6 \ m$$

$$k = \frac{F}{x} = \frac{300}{0,6} = 500 \ N/m$$

$$U = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}500 \times 0,6^2 = 90 \ J$$

b) (2 pontos)

Toda a energia potencial elástica é transformada em energia cinética da flecha.

$$E_{cin} = U$$

$$\frac{1}{2}m\mathrm{v}^2 = U \ \Rightarrow \ \mathrm{v} = \sqrt{\frac{2 \times \mathrm{U}}{\mathrm{m}}} = \sqrt{\frac{2 \times 90}{5 \times 10^{-2}}} = 60 \ m/s$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

$x = 0,6m$

$F = 300N$

a) Lei de Hooke $F = kx$

$300 = k.0,6$

$k = 500N/m$

$E_{pel} = \frac{kx^2}{2} = \frac{5\cancel{00}.\cancel{36}^{18}.10^{-2}}{\cancel{2}} = \underline{90J}$

b) $m = 50.10^{-3}kg$

$E_{pel} = E_c$

$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$

$90.2 = 5.10^{-2}v^2$

$v^2 = 3600$

$\boxed{v = 6 m/s}$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) $\tau = \Delta Ec$ → $\Delta Ec = 180\ J$

$F \cdot d \cdot \cos\theta = \Delta Ec$

$300 \cdot 0{,}6 = \Delta Ec$

* Enunciado a energia potencial elástica é transformada em energia cinética.

∴ $Epel = 180\ J$.

b) $m = 50g$ → $0{,}05kg$ $\quad Ec = 180\ J$.

$Ec = \dfrac{mv^2}{2}$

$180 = \dfrac{0{,}05v^2}{2}$

$\dfrac{360}{0{,}05} = v^2$

$\dfrac{\frac{360}{5}}{100} = v^2$

$\dfrac{360}{1} \cdot \dfrac{100}{5} = v^2$

$v^2 = \dfrac{36000}{5}$

$v^2 = 7200$

$v = \sqrt{7200}$

$v = 60\sqrt{2}\ m/s$

COMENTÁRIOS

Nesta questão, a banca examinadora chama a atenção para a conversão de energia através de um exemplo lúdico. Exemplos desse tipo poderiam ser mais freqüentemente explorados no Ensino Médio.

No exemplo abaixo da média, nota-se uma utilização errônea dos conceitos envolvidos no problema, apesar da identificação correta dos mesmos no enunciado.

5. Em 1885, Michaux lançou o biciclo com uma roda dianteira diretamente acionada por pedais (Fig. A). Através do emprego da roda dentada, que já tinha sido concebida por Leonardo da Vinci, obteve-se melhor aproveitamento da força nos pedais (Fig. B). Considere que um ciclista consiga pedalar 40 voltas por minuto em ambas as bicicletas.

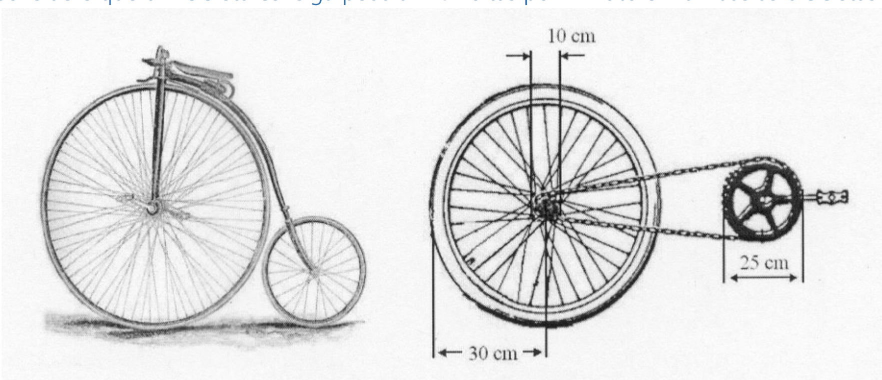


Fig. A Fig. B

a) Qual a velocidade de translação do biciclo de Michaux para um diâmetro da roda de 1,20 m?

b) Qual a velocidade de translação para a bicicleta padrão aro 60 (Fig. B)?

RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

Primeiramente, calculamos o deslocamento linear do biciclo em um minuto como sendo o número de pedaladas vezes o perímetro da roda. A velocidade de translação é obtida dividindo-se o deslocamento pelo tempo de um minuto (60 segundos).

$$\Delta S_M = 40 \times (2p \times 0{,}60\ m) = 144\ m$$

$$V_M = \frac{144\ m}{60\ s} = 2{,}4\ m/s$$

b) (3 pontos)

O raciocínio neste item é semelhante, porém, é necessário levar em conta que a velocidade angular da roda da bicicleta é maior que a velocidade angular do pedal, pois a velocidade da borda da roda dentada de diâmetro 25 cm é igual à velocidade da borda da roda dentada de diâmetro 10 cm.

$$\Delta S_B = 40 \times \frac{25}{10} \times (2p \times 0,30\ m) = 180\ m$$

$$V_M = \frac{180\ m}{60\ s} = 3,0\ m/s$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a-) $\omega = \frac{\Delta\theta}{T} = \frac{2\pi}{1,5} = \frac{6}{1,5} = 4\ rad/s$ $\qquad T = \frac{60}{40} = 1,5$

$V = \omega . r = 4 . 0,6 = 2,4\ m/s$

b-) $V_{coroa} = 4 . 0,125 = 0,5\ m/s$

$V_{coroa} = \omega_{(roda)} . 0,05 \rightarrow \omega_{roda} = \frac{0,5}{0,05} = 10\ rad/s$

$V_{roda} = \omega_{(roda)} . 0,3 = 10 . 0,3 = 3\ m/s$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a-) $r = 0,6\ m$
$\omega = 2\pi f$
$v = ?$

60s — 40 voltas
1s — x voltas
$60x = 40$
$x = \frac{2}{3} \rightarrow f = \frac{2}{3}\ Hz$

$v = \omega r$
$v = 2\pi . \frac{2}{3} . 0,6$
$v = 2,4\ m/s$

Resp.: a velocidade de translação do biciclo é 2,4 m/s.

b-) $f = \frac{2}{3}\ Hz$
$r = 0,3\ m$
$v = 2\pi . \frac{2}{3} . 0,3 = 1,2\ m/s$

Resp.: a velocidade de translação para a bicicleta é 1,2 m/s.

COMENTÁRIOS

A questão testa a habilidade de compreensão da conversão de um movimento circular (catraca) em um movimento linear (corrente). O exemplo abaixo da média ilustra a dificuldade de compreensão desses conceitos no item b. O exemplo acima da média escolhido ilustra uma resolução totalmente correta.

6. Numa antena de rádio, cargas elétricas oscilam sob a ação de ondas eletromagnéticas em uma dada freqüência. Imagine que essas oscilações tivessem sua origem em forças mecânicas e não elétricas: cargas elétricas fixas em uma massa presa a uma mola. A amplitude do deslocamento dessa "antena-mola" seria de 1 mm e a massa de 1 g para um rádio portátil. Considere um sinal de rádio AM de 1000 kHz.

a) Qual seria a constante de mola dessa "antena-mola"? A freqüência de oscilação é dada por:

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

onde k é a constante da mola e m a massa presa à mola.

b) Qual seria a força mecânica necessária para deslocar essa mola de 1 mm?

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

A constante de mola é obtida diretamente da expressão da freqüência de oscilação.

$$m = 1{,}0\ g = 1{,}0\times10^{-3}\ kg$$

$$f = 1000\ kHz = 1{,}0\times10^{6}\ Hz$$

$$f = \frac{1}{2p}\sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = m(2pf)^2$$

$$k = 1{,}0\times10^{-3}\times(2p\times10^{6})^2 = 3{,}6\times10^{10}\ kg/s^2 = 3{,}6\times10^{10}\ N/m$$

b) (2 pontos)

Uma vez obtida a constante da mola, aplica-se a lei de Hooke.

$$x = 1\ mm = 1{,}0\times10^{-3}\ m$$

$$F = kx$$

$$F = 3{,}6\times10^{10}\times10^{-3} = 3{,}6\times10^{7}\ N$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) $f = \frac{1}{2\pi}\cdot\sqrt{\frac{K}{m}}$ $\quad 10^{6} = \frac{1}{6}\cdot\sqrt{\frac{K}{10^{-3}}}$ $\quad K = 3{,}6.10^{10}$

R: a constante da mola seria $3{,}6.10^{10}$

b) $F = 3{,}6.10^{10}.10^{-3}$ $\quad (F = Kx)$

$F = 3{,}6.10^{7}\ N$

R: A força para deslocar a mola seria de $3{,}6.10^{7}$ N.

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

A) $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{m}}$ $\quad \pi = 3$

$1000 = \frac{1}{6}\sqrt{\frac{K}{1}}$

$(6000)^2 = (\sqrt{K})^2$

$36000.000 = K$

$K = 36.10^{6}$

a constante de mola é 36.10^{6}

B) $F = k \cdot x^2$

$F = 36 \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^{-6}$

$F = 36N$

a força mecânica necessária é 36 N

COMENTÁRIOS

A questão introduz o tema de movimento harmônico simples, com a apresentação da expressão matemática necessária para sua resolução no enunciado. O exemplo acima da média ilustra uma resolução correta, apesar da ausência de unidades na resposta final do item a. Com o exemplo abaixo da média escolhido, chamamos a atenção à importância da conversão correta de unidades no item a. A ausência de unidades na resposta final inviabiliza uma apreciação inequívoca da intenção do candidato. No item b, aparece claramente um problema conceitual na definição de força elástica.

7. Durante uma tempestade de 20 minutos, 10 mm de chuva caíram sobre uma região cuja área total é 100 km^2.

a) Sendo que a densidade da água é de 1,0 g/cm^3, qual a massa de água que caiu?

b) A partir de uma estimativa do volume de uma gota de chuva, calcule o número médio de gotas que caem em 1 m^2 durante 1 s.

RESPOSTA ESPERADA

$$\Delta t = 20\ min = 1200\ s$$

$$A = 100\ km^2 = 100 \times 10^6\ m^2 = 10^8\ m^2$$

$$h = 10\ mm = 10^{-2}\ m$$

$$r = 1{,}0\ g/cm^3 = 10^6\ g/m^3 = 10^3\ kg/m^3$$

a) (3 pontos)

O volume da água da chuva é obtido multiplicando-se a área molhada pela altura de 10 mm. A massa de água é dada pelo produto do volume pela densidade.

$$m = \rho\ Vol = \rho\ Ah = 10^3 \times 10^8 \times 10^{-2} = 10^9\ kg$$

b) (2 pontos)

O volume de uma gota de chuva pode ser estimado assumindo-se uma esfera de raio 2 mm. O número total de gotas pode ser obtido dividindo-se a massa total de chuva pela massa de uma gota. O número médio é dado pelo número total de gotas dividido pela área total e pelo tempo de duração da chuva.

$$Vol_{gota} = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$Raio\ estimado\ da\ gota:\ R = 2mm = 2 \times 10^{-3} m$$

$$Vol_{gota} = \frac{4}{3}\pi\left(2 \times 10^{-3}\right)^3 = 3{,}2 \times 10^{-8}\ m^3$$

$$m_{gota} = \rho\ Vol_{gota} = 10^3 \times 3{,}2 \times 10^{-8} = 3{,}2 \times 10^{-5}\ kg$$

$$Num_{gotas} = \frac{m}{m_{gota}} = \frac{10^9}{3{,}2 \times 10^{-5}} \cong 3 \times 10^{13}\ gotas$$

$$f = \frac{Num_{gotas}}{\Delta t\ A} = \frac{3 \times 10^{13}}{1200 \times 10^8} = 250\ gotas/m^2\ s$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) $m = d \cdot V \Rightarrow$

$V = 0{,}1mm \cdot 100km^2 \cdot \frac{1cm}{10mm} \cdot \frac{1cm^2}{10^{-10}km^2} = 10^{12}cm^3 \Rightarrow V = 10^{12}cm^3$

$m = 1 \cdot 10^{12} \Rightarrow \boxed{m = 10^{12}g}$

b) $V_{gota} = 0{,}5 \cdot 10^{-3}\ell = 0{,}5ml.$

Se em 20 minutos choveram $10^{12}cm^3$, em 1 segundo caíram $\frac{10^{12}}{1200}cm^3$.

Se em $100km^2$ caíram $\frac{10^{12}}{1200}cm^3$ em 1 segundo, em $1m^2$ choveram $8{,}6cm^3$.

Se uma gota tem $0{,}5ml$, neste 1 segundo em $1m^2$, caíram aproximadamente 17 gotas.

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) $A = 100Km2 = 10^2 \cdot 10^3 m^2 = 10^5 m2$

$V = A \cdot h$

$V = 10^5 \cdot 10^{-7} = 10^{-2} m3 = 10^{-2} \cdot 10^6 = 10^4 cm^3$

$1cm3 \text{ — } 1g$

$10^4cm3 \text{ — } x$

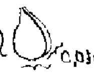
$h = \frac{10^{-2}}{10^5} = 10^{-2} \cdot 10^{-5} = 10^{-7}m$

$x = 10^4$ g de água

R: Nessa chuva, caíram 10^4 g de água, ou 10.000 g.

b) volume estimado

0,05mm



0,01mm

0,03 mm

$V_{gota} = 5 \cdot 10^{-2} \cdot 1 \cdot 10^{-2} \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 1{,}5 \cdot 10^{-5} mm3 = 1{,}5 \cdot 10^{-14} m3$

$V_{água} = 10^{-12} m3$

$10^5m^2 \text{ — } 10^{-7}m$

$1m2 \text{ — } y$

$y = 10^{-12} m$

66 gotas — 1200 s

x gotas — 1 s

$x = 0{,}05$ gotas/s

$\frac{V_{água}}{V_g} = \frac{10^{-12}}{1{,}5 \cdot 10^{-14}} = 0{,}66 \cdot 10^2 = 66$ gotas

R: Caem, em média, 0,05 gotas por segundo em 1Km2

COMENTÁRIOS

Esta questão aborda conceitos simples de massa, densidade e volume no primeiro item. No item b, é pedido o conceito de fluxo aliado à habilidade de fazer estimativas de grandezas físicas. O vestibular da Unicamp tradicionalmente inclui uma questão que testa esse tipo de habilidade.

8. Uma sala tem 6 m de largura, 10 m de comprimento e 4 m de altura. Deseja-se refrigerar o ar dentro da sala. Considere o calor específico do ar como sendo 30 J/ (mol K) e use R = 8 J/(mol K).

a) Considerando o ar dentro da sala como um gás ideal à pressão ambiente ($P = 10^5$ N/m²), quantos moles de gás existem dentro da sala a 27° C?

b) Qual é a quantidade de calor que o refrigerador deve retirar da massa de ar do item (a) para resfriá-la até 17° C?

RESPOSTA ESPERADA

$$V = 6\ m \times 10\ m \times 4\ m = 240\ m^3$$

$$T = 27^\circ C = 300\ K$$

$$P = 10^5\ Pa = 10^5\ N/m^2$$

a) (3 pontos)

Utilizando-se a lei dos gases ideais:

$$PV = nRT$$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{10^5 \times 240}{8 \times 300} = 10^4 \ moles$$

b) (2 pontos)

A quantidade de calor é obtida a partir da definição do calor específico.

$$\Delta T = 10 \ K$$

$$c = 30 \ J/mol \ K$$

$$Q = n \ c \ \Delta T = 10^4 \times 30 \times 10 = 3 \times 10^6 \ J$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a.) A sala possui um volume de:

$V = 6 . 10 . 4 = 240 m^3 = 2,4 . 10^5 \ell$

$p = 10^5 N/m^2$

$R = 8 J/mol K$

$pV = nRT$

$10^5 . 240 = n . 8 . 300$

$T = 27°C = 300 K$

$\boxed{n = 1,0 . 10^4 mols}$

b.) $Q = m . c . \Delta t$

$m = 10^4 mols$

$\Delta t = 300 - 290 = 10 K$

$Q = 10^4 . 30 . 10$

$c = 30 J/mol K$

$\boxed{Q = 3,0 . 10^6 J}$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

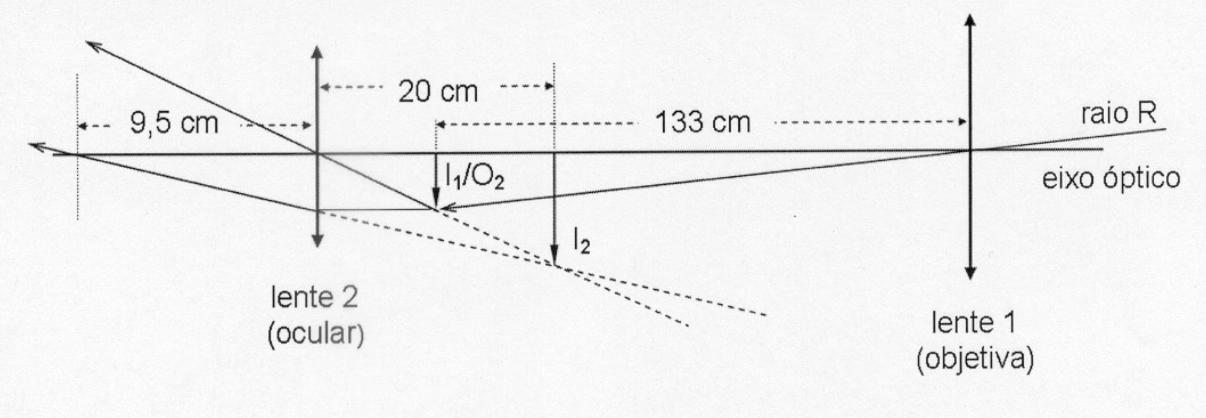
a) $PV = nRT$

b) $Q = m.c$

COMENTÁRIOS

O exemplo abaixo da média escolhido ilustra que a simples identificação de uma fórmula adequada ao problema, sem a resolução do mesmo, não é suficiente para uma boa avaliação. No exemplo acima da média, pode-se observar a correta utilização do número de moles encontrado no item a, visto que foi fornecido no enunciado o calor específico molar.

9. Um dos telescópios usados por Galileu por volta do ano de 1610 era composto de duas lentes convergentes, uma objetiva (lente 1) e uma ocular (lente 2) de distâncias focais iguais a 133 cm e 9,5 cm, respectivamente. Na observação de objetos celestes, a imagem (I_1) formada pela objetiva situa-se praticamente no seu plano focal. Na figura (fora de escala), o raio R é proveniente da borda do disco lunar e o eixo óptico passa pelo centro da Lua.



a) A Lua tem 1.750 km de raio e fica a aproximadamente 384.000 km da Terra. Qual é o raio da imagem da Lua (I_1) formada pela objetiva do telescópio de Galileu?

b) Uma segunda imagem (I_2) é formada pela ocular a partir daquela formada pela objetiva (a imagem da objetiva (I_1) torna-se objeto (O_2) para a ocular). Essa segunda imagem é virtual e situa-se a 20 cm da lente ocular. A que distância a ocular deve ficar da objetiva do telescópio para que isso ocorra?

RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

O raio da imagem da Lua é dado pela relação entre a altura do objeto e da imagem de lentes esféricas delgadas (ou através de semelhança de triângulos). Com os dados do problema:

$$f_1 = 133 \ cm = p_1^{'}$$

$$p_1 = 3{,}84 \times 10^5 \ km$$

$$O_1 = 1{,}75 \times 10^3 \ km$$

$$\frac{I_1}{O_1} = -\frac{p_1^{'}}{p_1}$$

$$I_1 = -\frac{O_1}{p_1} p_1^{'} = -\frac{1{,}75 \times 10^3}{3{,}84 \times 10^5} \ 133 \ cm = -0{,}61 \ cm \quad (imagem \ \ invertida)$$

b) (3 pontos)

A posição da lente ocular em relação à objetiva é dada pela equação de conjugação das lentes esféricas delgadas.

$$f_2 = 9{,}5 \ cm$$

$$p_2^{'} = -20 \ cm$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p_2^{'}} \ \Rightarrow \ p_2 = \frac{p_2^{'} f_2}{p_2^{'} - f_2} = \frac{(-20) \times (9{,}5)}{-20 - 9{,}5} = \frac{190}{29{,}5} = 6{,}4 \ cm$$

$$dist_{L_1 - L_2} = f_1 + p_2 = 133 \ cm + 6.4 \ cm = 139{,}4 \ cm$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) $\frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$

$\frac{i}{1750} = \frac{-133\cdot10^{-5}\,km}{384000}$

$i \cong 60,6\cdot10^{-7}\,km$

$i = r_i \cong 6,06\cdot10^{-1}\,cm$

$\boxed{r_i \cong 0,6\ cm}$

b) 1º) aplicar (2): $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p_2'}$

$\frac{1}{9,5} = \frac{1}{p_2} + \frac{1}{(-20)}$ ⇒ $p_2 = \frac{190}{29,5}$ ⇒ $p_2 \cong 6,4\,cm$

2º) $d = p_2 + f_1 = 6,4 + 133 = \underline{139,4\,cm}$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) $r_L = 1750\,km$ ou $1,75\cdot10^8\,cm$
$d_{L-T} = 384.000\,km$ ou $384\cdot10^8\,cm$

$\frac{d_o}{r_o} = \frac{d_i}{r_i}$

$\frac{384\cdot\cancel{10^8}}{1,75\cdot\cancel{10^8}} = \frac{143}{r_i}$

$r_i \cong 0,6\ cm$

b) $d_o = 10\ cm$
$d_i = 20\ cm$

$\frac{10}{20} = \frac{133}{x}$

$x = \frac{133\cdot 20}{10}$

$x = 266\ cm$, ou seja, o dobro da distância.

COMENTÁRIOS

Questão sobre instrumentos ópticos contextualizada historicamente em alusão ao Ano Internacional da Física. Nota-se que a correta interpretação do enunciado é suficiente para a resolução da questão, através do uso de semelhança de triângulos. Trata-se de um teste da habilidade de associação de conteúdos interdisciplinares.

10. O efeito fotoelétrico, cuja descrição por Albert Einstein está completando 100 anos em 2005 (ano internacional da Física), consiste na emissão de elétrons por um metal no qual incide um feixe de luz. No processo, "pacotes" bem definidos de energia luminosa, chamados fótons, são absorvidos um a um pelos elétrons do metal. O valor da energia de cada fóton é dado por $E_{fóton} = h\,f$, onde $h = 4 \times 10^{-15}$ eV.s é a chamada constante de Planck e f é a freqüência da luz incidente. Um elétron só é emitido do interior do metal se a energia do fóton absorvido for maior que uma energia mínima. Para os elétrons mais fracamente ligados ao metal, essa energia mínima é chamada função trabalho W e varia de metal para metal (ver a tabela a seguir). Considere c = 300.000 km/s.

metal	W (eV)
césio	2,1
potássio	2,3
sódio	2,8

a) Calcule a energia do fóton (em eV), quando o comprimento de onda da luz incidente for 5 x 10^{-7} m.

b) A luz de 5 x 10^{-7} m é capaz de arrancar elétrons de quais dos metais apresentados na tabela?

c) Qual será a energia cinética de elétrons emitidos pelo potássio, se o comprimento de onda da luz incidente for 3 x 10^{-7} m? Considere os elétrons mais fracamente ligados do potássio e que a diferença entre a energia do fóton absorvido e a função trabalho W é inteiramente convertida em energia cinética.

RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

Esta é uma questão de física moderna para cuja resolução seu enunciado fornece todas as informações necessárias. A energia do fóton é proporcional à freqüência da luz que, por sua vez, pode ser obtida diretamente do comprimento de onda.

$$\lambda = 5\times10^{-7}\ m$$

$$c = 300.000\ km/s = 3,0\times10^{8}\ m/s$$

$$c = \lambda f\ \ \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,0\times10^{8}}{5\times10^{-7}} = 6,0\times10^{14}\ Hz$$

$$E_{foton} = hf\ = 4\times10^{-15}\times6,0\times10^{14} = 2,4\ eV$$

b) (1 ponto)

Césio e potássio, pois têm função trabalho menor que 2,4 eV.

c) (2 pontos)

Calcula-se inicialmente a energia do fóton para o comprimento de onda dado. A diferença entre esse valor e a função trabalho dá a energia cinética procurada.

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,0\times10^{8}}{3\times10^{-7}} = 1,0\times10^{15}\ Hz$$

$$E_{foton} = h\ f = 4\times10^{-15}\times1,0\times10^{15} = 4,0\ eV$$

$$E_{cin} = E_{foton} - W = 4,0 - 2,3 = 1,7\ eV$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) $V = \lambda f$

$f = \frac{30.10^{4}}{5.10^{-10}}$

$f = 6.10^{14}\ Hz$

$E_{fóton} = 4.10^{-15}.6.10^{14} = 2,4\ eV$

b) É capaz de arrancar elétrons do césio e do potássio.

c) $f = \frac{30.10^{14}}{3.10^{-10}} = 10.10^{14}\ Hz$

$E_{fóton} = 4\ eV$

$W = 2,3$

$E_{cin} = 4 - 2,3 = 1,7\ J$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) $V = \lambda f$

$300.10^3 = 5.10^{-7}.10^{-3}.f$

$f = \frac{3.10^5}{5.10^{-10}}$

$f = 0,6 . 10^{15}$

$f = 6 . 10^{14}$

$E = h.f$

$E = 4.10^{-15}. 6.10^{14}$

$E = 24.10^{-1}$

$\boxed{E = 2,4}$

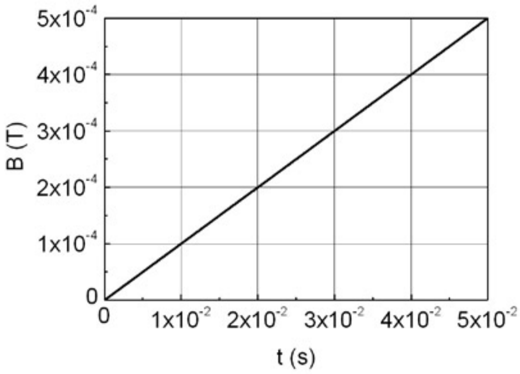
~~300.000 km/s~~

b)

COMENTÁRIOS

Trata-se de uma outra questão alusiva ao Ano Internacional da Física diretamente relacionada a uma das contribuições de Albert Einstein à ciência. O conteúdo de Física Moderna pode ser perfeitamente abordado com os elementos dados no enunciado, como ilustrado pelo exemplo acima da média.

11. O princípio de funcionamento dos detectores de metais utilizados em verificações de segurança é baseado na lei de indução de Faraday. A força eletromotriz induzida por um fluxo de campo magnético variável através de uma espira gera uma corrente. Se um pedaço de metal for colocado nas proximidades da espira, o valor do campo magnético será alterado, modificando a corrente na espira. Essa variação pode ser detectada e usada para reconhecer a presença de um corpo metálico nas suas vizinhanças.



a) Considere que o campo magnético B atravessa perpendicularmente a espira e varia no tempo segundo a figura. Se a espira tem raio de 2 cm, qual é a força eletromotriz induzida?

b) A espira é feita de um fio de cobre de 1 mm de raio e a resistividade do cobre é ρ = 2 x 10 - 8 ohm-metro. A resistência de um fio é dada por $R = \rho \frac{L}{A}$, onde L é o seu comprimento e A é a área da sua seção reta. Qual é a corrente na espira?

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

O fluxo magnético é o produto da área da espira pelo campo magnético. A força eletromotriz na espira é dada pela lei de Faraday. A variação do fluxo é obtida com os dados do gráfico.

$$\Delta B = 5\times10^{-4}\ T$$
$$\Delta t = 5\times10^{-2}\ s$$
$$r_{espira} = 2\ cm = 2\times10^{-2}\ m$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$
$$\phi = A\ B\ \Rightarrow\ \Delta\,\phi = A\ \Delta B\ = \pi\, r_{espira}{}^{2}\ \Delta B\ \Rightarrow$$
$$\varepsilon = -\pi\ r_{espira}{}^{2}\ \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -\pi\left(2\times10^{-2}\right)^{2}\frac{5\times10^{-4}}{5\times10^{-2}} = -1{,}2\times10^{-5}\ V$$

b) (2 pontos)

A corrente é obtida através da lei de Ohm. A resistência do fio pode ser encontrada com a relação fornecida no problema.

$$r_{fio} = 1\ mm = 10^{-3}\ m$$
$$A = \pi\ r_{fio}{}^{2} = 3\times10^{-6}\ m^{2}$$
$$L = 2\pi r_{espira} = 2\pi\times(2\times10^{-2}) = 1{,}2\times10^{-1}\ m$$
$$\rho = 2\times10^{-8}\ \Omega\ m$$
$$R = \rho\frac{L}{A} = 2\times10^{-8}\frac{1{,}2\times10^{-1}}{3\times10^{-6}} = 8\times10^{-4}\ \Omega$$
$$i = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{1{,}2\times10^{-5}}{8\times10^{-4}} = 1{,}5\times10^{-2}\,A = 15\ mA$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) $f.e.m = \frac{\Delta Ø}{\Delta t}$

$Ø = B . A . \cos\theta$

$\Delta Ø = \Delta B . A . \cos\theta$

$\Delta Ø = 5,0\times10^{-4} . 4,0\times10^{-4}\pi$

$\Delta Ø = 20,0\times10^{-8}\pi$

$f.e.m = \frac{20,0\times10^{-8}\pi}{5,0\times10^{-2}}$

$fem = 4,0\times10^{-6}\pi$

$fem = 1,2\times10^{-5} V$

Ø → Fluxo magnetico

A → Area da espira

f.e.m → força eletromotriz induzida

$A = \pi r^2$

$A = \pi(2\times10^{-2})^2$

$A = 4,0\times10^{-4}\pi$

$\theta = 0°$

$\cos\theta = 1$

ΔØ → variação do fluxo magnetico

ΔB → variação do campo magnetico

b) $L = 2\pi r$

$L = 4,0\times10^{-2}\pi m$

$A = \pi r^2$

$A = 1,0 . 10^{-6}\pi m^2$

$R = \rho\frac{L}{A}$

$R = 2,0\times10^{-8} . \frac{4,0\times10^{-2}}{1,0\times10^{-6}}$

$R = 8,0\times10^{-4}\Omega$

$V = Ri$

$1,2\times10^{-5} = 8,0\times10^{-4} i$

$i = 0,15 A$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) raio $= 2.10^{-2}$ m

$E_{ind} = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{-\cancel{5}.10^{-4}}{\cancel{5}.10^{-2}} = -10^{-2}$ (SI)

A força eletromotriz induzida em módulo tem valor de 10^{-2} V

b) $i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ $\quad R = \rho \frac{\ell}{A}$ $\quad \rho = 2.10^{-8}$

$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$ $\quad 4.10^{-4} = \frac{i}{4.10^{-5}} . \frac{1}{6}$

$R = \frac{1}{\mu_0}$ $\quad i = 96.10^{-9}$ A

$R = 2.10^{-8} . \frac{2\cancel{\pi}.R}{\cancel{\pi}.RR}$

$R = \frac{4.10^{-8}}{10^{-3}} = 4.10^{-5}\Omega$

Resposta: A corrente na espira tem valor de 96.10^{-9} A.

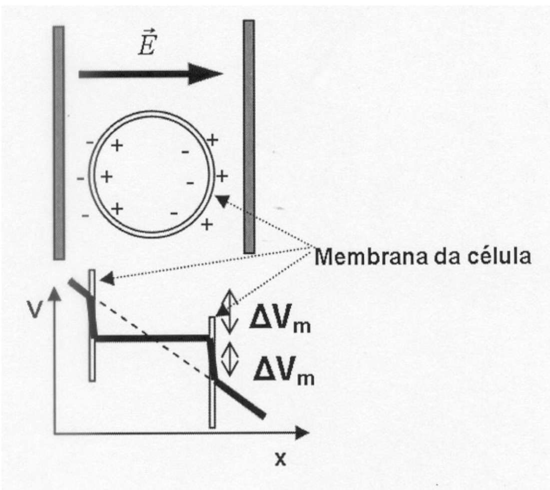
COMENTÁRIOS

Esta questão alia interpretação de gráfico com conceitos de eletromagnetismo do Ensino Médio. O grau de dificuldade desta questão é maior que a média das outras e permite ilustrar a necessidade de associação de vários conceitos para a resolução efetiva de um problema prático.

12. A durabilidade dos alimentos é aumentada por meio de tratamentos térmicos, como no caso do leite longa vida. Esses processos térmicos matam os microorganismos, mas provocam efeitos colaterais indesejáveis. Um dos métodos alternativos é o que utiliza campos elétricos pulsados, provocando a variação de potencial através da célula, como ilustrado na figura abaixo. A membrana da célula de um microorganismo é destruída se uma diferença de potencial de ΔV_m = 1 V é estabelecida no interior da membrana, conforme a figura abaixo.

a) Sabendo-se que o diâmetro de uma célula é de 1μm, qual é a intensidade do campo elétrico que precisa ser aplicado para destruir a membrana?

b) Qual é o ganho de energia em eV de um elétron que atravessa a célula sob a tensão aplicada?



RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

A diferença de potencial total através da célula é de 2 V. O campo elétrico é obtido dividindo-se essa diferença pelo diâmetro da célula.

$$d = 1\ \mu m = 10^{-6}\ m$$

$$\Delta V_m = 1\ V$$

$$\Delta V_T = 2 \times \Delta V_m = 2\ V$$

$$\Delta V_T = Ed \ \Rightarrow\ E = \frac{\Delta V_T}{d} = \frac{2}{10^{-6}} = 2 \times 10^6\ V/m$$

b) (2 pontos)

Sob a tensão aplicada, o elétron é acelerado e seu ganho de energia cinética é dado pelo produto de sua carga pela diferença de potencial.

ΔE = eΔV = e x 2V = 2eV

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

A) $d = 1.10^{-6} m \quad V = E.d \Rightarrow E = \frac{V}{d} \Rightarrow E = \frac{2V}{1.10^{-6} m} \Rightarrow E = 2.10^{6} \frac{V}{m}$

B) $W = |q|.E.d \Rightarrow W = |q|.V \Rightarrow W = 2V(-1,6.10^{-19} C) \Rightarrow W = -2eV$

LOGO, O GANHO DE ENERGIA DE UM ELÉTRON É DE 2eV.

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) $E.d = U$

$E.10^{-6} = 1$

$\underline{E = 10^{6}\ N/m}$

COMENTÁRIOS

Esta questão é um exemplo de uma outra característica do vestibular da Unicamp: exploração de temas interdisciplinares. Nesse caso, está sendo abordada uma tecnologia ainda em desenvolvimento. Os princípios básicos envolvidos são os de eletrostática e conservação de energia, que fazem parte do programa do Ensino Médio. O exemplo acima da média mostra como a interpretação correta dos conceitos envolvidos pode levar a uma resolução simples e sucinta do problema.