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

2006 vestibular nacional UNICAMP

2ª Fase

Física

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 de Física, procurando evidenciar a importância do conhecimento da disciplina para a compreensão de variados aspectos da vida cotidiana. 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 prova de Física da segunda fase do Vestibular 2006 apresenta questões ligadas à vida cotidiana através de temas como competição esportiva (Questão 1), funcionamento de brinquedos e utensílios domésticos (Questões 2 e 3), colisão de automóveis (Questão 4), perda de calor pelo corpo humano (Questão 6). Aborda de forma simplificada alguns aspectos do funcionamento de dispositivo usado em domicílio (o disjuntor elétrico, Questão 9), de dispositivos usados em laboratórios de pesquisa (Questão 10), bem como de técnicas avançadas de diagnóstico médico (Questão 11). Versa também sobre limitações impostas à evolução natural, como o tamanho dos pulmões da baleia e sua capacidade de submersão (Questão 8), e sobre o funcionamento do cristalino do olho humano e as mudanças que nele ocorrem em função da idade das pessoas (presbiopia, Questão 12). Finalmente, a Questão 7 apresenta uma situação engraçada que faz referência ao método que Arquimedes empregou para decidir se a coroa do rei de Siracusa era ou não de ouro, só que desta vez explorando outra grandeza física, o calor específico, e não a densidade. É uma questão que destaca o uso da criatividade e da metodologia científica para a solução de problemas.

Quanto ao programa, no Vestibular 2006 foram abordados praticamente todos os temas de Física do Ensino Médio: mecânica (mais de 40% da prova), termologia (3 questões), eletricidade e magnetismo (3 questões), óptica (1 questão) e física moderna (2 questões). Vale notar que várias questões da prova deste ano mesclaram diferentes temas, como a Questão 6 que trata dos tópicos de energia, ondulatória, termologia e física moderna, aliados à habilidade de leitura e interpretação de gráficos e obtenção de estimativas de quantidades físicas. O mesmo ocorre com a Questão 8, que envolve hidrostática e termologia, a Questão 9, que envolve termologia e eletricidade e a Questão 10, que trata de um problema de eletricidade e apresenta o comportamento elétrico de um material supercondutor.

A banca elaboradora da prova de Física apresenta sempre 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. 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 qualquer compilação de problemas.

Atenção: Escreva a resolução COMPLETA de cada questão no espaço reservado para a mesma. Não basta escrever apenas o resultado final: é necessário mostrar os cálculos ou o raciocínio utilizado.

Utilize $g = 10\ m/s^2$ e $\pi = 3$, sempre que for necessário na resolução das questões.

Física

1. Um corredor de 100 metros rasos percorre os 20 primeiros metros da corrida em 4,0 s com aceleração constante. A velocidade atingida ao final dos 4,0 s é então mantida constante até o final da corrida.

a) Qual é a aceleração do corredor nos primeiros 20 m da corrida?

b) Qual é a velocidade atingida ao final dos primeiros 20 m?

c) Qual é o tempo total gasto pelo corredor em toda a prova?

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$\Delta x = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow a = \frac{2\Delta x}{t^2} = \frac{2 \times 20\,m}{(4{,}0\,s)^2} = 2{,}5\,m/s^2$$

b) (1 ponto)

$$v = at = (2{,}5\,m/s^2) \times 4{,}0\,s = 10\,m/s$$

c) (2 pontos)

$$t_{total} = 4{,}0\,s + \frac{\Delta x_2}{v} = 4{,}0\,s + \frac{100\,m - 20\,m}{10\,m/s} = 12\,s$$

Exemplo Acima da Média

a) I) FÓRMULA DA ACELERAÇÃO MÉDIA (γ):

$\gamma = \frac{\Delta V}{\Delta t} \Rightarrow \gamma = \frac{V_f - V_o}{4-0} \Rightarrow \gamma = \frac{V_f}{4}$

II) EQUAÇÃO DE TORRICELI:

$V_f^2 = V_o^2 + 2.\gamma.\Delta S \Rightarrow V_f^2 = 0 + 2.\left(\frac{V_f}{4}\right).20$

$\Rightarrow V_f^2 = 10V_f \Rightarrow V_f.(V_f - 10) = 0 \Rightarrow V_f = 10\,m/s$ OU $\boxed{V_f = 0}$

COMO HOUVE DESLOCAMENTO, $V_f \neq 0$

III) $\gamma = \frac{V_f}{4} \Rightarrow \gamma = 2{,}5\,m/s^2$

RESPOSTAS

a) $2{,}5\,m/s^2$

b) $10\,m/s$

c) $12\,s$

b) $V = V_o + at \Rightarrow V = 4.(2{,}5) \Rightarrow V = 10\,m/s$

c) PARA V = cte (I)

$(100 - 20) = 0 + 10.t$

$t = 8\,s$

(II) $t_{TOTAL} = t_{ACELERAÇÃO} + t_{CTE}$

$t_{TOTAL} = 12\,s$

Exemplo Abaixo da Média

a) $V = V_o + at$

$5 = 0 + a \cdot 4$

$a = 5/4$

$\boxed{a = 1{,}25 m/s^2}$

b) $\Delta S = V \cdot t$

$20 = V \cdot 4$

$\boxed{V = 5 m/s}$

c) $\Delta S = V \cdot t$

$80 = 5 \cdot t$

$t = 16 s$

tempo = 16+4

tempo total = $\boxed{20 s}$

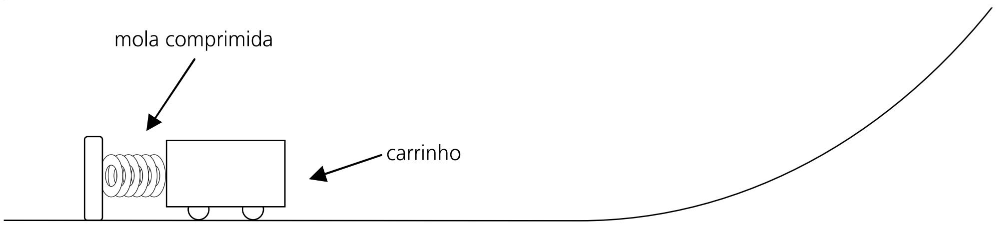
Comentários

A primeira questão aborda de forma simplificada o movimento de um atleta numa modalidade de corrida. Envolve conceitos de cinemática como o movimento retilíneo uniforme e o movimento uniformemente variado.

O exemplo acima da média mostra uma forma alternativa de chegar à resposta correta.

No exemplo abaixo da média, o vestibulando não analisou corretamente a etapa da corrida em que o movimento é uniformemente variado.

2. Um brinquedo que muito agrada às crianças são os lançadores de objetos em uma pista. Considere que a mola da figura abaixo possui uma constante elástica k = 8000 N/m e massa desprezível. Inicialmente, a mola está comprimida de 2,0 cm e, ao ser liberada, empurra um carrinho de massa igual a 0,20 kg. O carrinho abandona a mola quando esta atinge o seu comprimento relaxado, e percorre uma pista que termina em uma rampa. Considere que não há perda de energia mecânica por atrito no movimento do carrinho.



a) Qual é a velocidade do carrinho quando ele abandona a mola?

b) Na subida da rampa, a que altura o carrinho tem velocidade de 2,0 m/s?

Resposta Esperada

a) (3 pontos)

$$\frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 8000\frac{N}{m}\times(0{,}02m)^2 = 0{,}20kg\times v^2 \Rightarrow v^2 = 16\frac{m^2}{s^2} \Rightarrow v = 4{,}0m/s$$

b) (2 pontos)

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f \Rightarrow \frac{1}{2}\times\left(16\frac{m^2}{s^2}\right) = \frac{1}{2}\times\left(4{,}0\frac{m^2}{s^2}\right) + \left(10\frac{m}{s^2}\right)\times h_f \Rightarrow h_f = \frac{8{,}0-2{,}0}{10}m = 0{,}60m$$

Exemplo Acima da Média

a) $K = 8000\,N/m \quad x = 2\cdot10^{-2}\,m \quad m_c = 0{,}2\,Kg$

$\Delta E_{mec} = 0$

$E_{pm} = E_{cc} \Rightarrow \frac{Kx^2}{\cancel{2}} = \frac{1}{\cancel{2}} m_c V^2 \Rightarrow V^2 = \frac{Kx^2}{m_c}$

$V^2 = \frac{8000\cdot\cancel{4}\cdot10^{-4}}{\cancel{2}\cdot10^{-1}} \Rightarrow V^2 = 8\cdot10^{3}\cdot2\cdot10^{-3} \Rightarrow V = \sqrt{16}$

$\therefore V = 8\,m/s$

b) $\Delta E_c = 0 \Rightarrow V = 2\,m/s$

$E_{pm} = E_{cc} + E_{pc} \Rightarrow \frac{Kx^2}{2} = \frac{mV^2}{2} + mgh$

$\frac{8000\cdot\cancel{4}\cdot10^{-4}}{\cancel{2}} = \frac{2\cdot10^{-1}\cdot4}{2} + 2\cdot10^{-1}\cdot10\,h$

$8\cdot10^{3}\cdot2\cdot10^{-4} = 4\cdot10^{-1} + 2h \Rightarrow 1{,}6 = 0{,}4 + 2h$

$1{,}2 = 2h \Rightarrow h = \frac{1{,}2}{2} \Rightarrow h = 0{,}6\,m$

Exemplo Abaixo da Média

Em = EC + Ep

a) Como não há perda de energia (Em = cte)

$Ec = Epe$

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

$0{,}2 \cdot v^2 = 8000 \cdot 4$

$v^2 = 8000 \cdot 20 \Rightarrow 160\,000$

$\boxed{v = \sqrt{160000} \text{ m/s}}$

b) $Epe = Epg$

$\frac{Kx^2}{2} = mgh$

$\frac{8000(4)}{2} = 0{,}2 \cdot 10 \cdot h$

$\boxed{h = 8000 \text{ m}}$

R: altura será de 8000 metros.

Comentários

A segunda questão baseia-se em conceitos de conservação de energia, envolvendo energia cinética, potencial elástico e potencial gravitacional. A questão segue o perfil característico do vestibular da Unicamp quanto a contextualizar aplicações em situações comuns, como é o caso do lançador descrito no problema.

No exemplo acima da média, o raciocínio está correto, mas há um pequeno erro de cálculo.

No exemplo abaixo da média, além de um erro conceitual na resolução do item **b**, a falta de conversão das unidades compromete os resultados finais.

3. Ao se usar um saca-rolhas, a força mínima que deve ser aplicada para que a rolha de uma garrafa comece a sair é igual a 360 N.

a) Sendo $\mu_e = 0{,}2$ o coeficiente de atrito estático entre a rolha e o bocal da garrafa, encontre a força normal que a rolha exerce no bocal da garrafa. Despreze o peso da rolha.

b) Calcule a pressão da rolha sobre o bocal da garrafa. Considere o raio interno do bocal da garrafa igual a 0,75 cm e o comprimento da rolha igual a 4,0 cm.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$F_{\text{atrito máx}} = \mu_e N$$

$$N = \frac{F_{\text{atrito máx}}}{\mu_e} = \frac{3{,}6\times10^2 N}{0{,}2} = 1{,}8\times10^3\ N$$

b) (3 pontos)

$$\text{Área} = 2\pi r L = 2\pi\times0{,}0075 m\times0{,}040 m = 1{,}8\times10^{-3}\ m^2$$

$$P = \frac{N}{\text{Área}} = \frac{1{,}8\times10^3\ N}{1{,}8\times10^{-3}\ m^2} = 1{,}0\times10^6\ \frac{N}{m^2} = 1{,}0\ \text{MPa}$$

Exemplo Acima da Média

a) $F_R = F_{at}$

$360 = N \cdot 0{,}2$

$\underline{N = 1800\ N}$

b) $P = \frac{F}{A}$, sendo A = área lateral de um cilindro

$A = 2\pi R \cdot H = 2 \cdot 3 \cdot 0{,}75 \cdot 10^{-2} \cdot 4 \cdot 10^{-2}$

$A = 18 \cdot 10^{-4}\ m^2$

$P = \frac{1800}{18 \cdot 10^{-4}}$ $\therefore$ $\underline{P = 10^6\ N/m}$

Exemplo Abaixo da Média

a) $F_N = F\mu \rightarrow F = 360 \cdot 0{,}2 \rightarrow \underline{F = 72\ N}$

b) $A = \pi r^2 \cdot h \rightarrow A = 3 \cdot (0{,}75)^2 \cdot 4 \rightarrow A = 3 \cdot 0{,}5625 \cdot 4 \rightarrow A = 6{,}74$

$P = \frac{F}{A} \rightarrow P = \frac{72}{6{,}74 \cdot 10^9} \rightarrow \underline{P \cong 10{,}6 \cdot 10^{-9}\ N/m^2}$

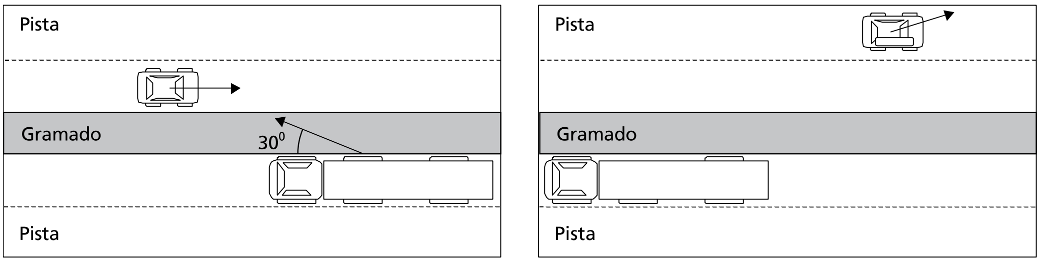
Comentários

Contextualizada na situação prática e cotidiana de abrir uma garrafa utilizando um saca-rolhas, a questão aborda conceitos de mecânica como pressão, força normal e força de atrito com relativa objetividade e simplicidade.

O exemplo acima da média contém um erro de unidade na resposta final.

No exemplo abaixo da média, o candidato relaciona incorretamente a força de atrito com a força normal, além de confundir o volume da rolha com sua área lateral.

4. Em uma auto-estrada, por causa da quebra de uma ponta de eixo, a roda de um caminhão desprende-se e vai em direção à outra pista, atingindo um carro que vem em sentido oposto. A roda é lançada com uma velocidade de 72 km/h, formando um ângulo de 30^0 com a pista, como indicado na figura abaixo. A velocidade do carro antes da colisão é de 90 km/h; a massa do carro é igual a 900 kg e a massa da roda do caminhão é igual a 100 kg. A roda fica presa ao carro após a colisão.



ANTES DEPOIS

a) Imediatamente após a colisão, qual é a componente da velocidade do carro na direção transversal à pista?

b) Qual é a energia cinética do conjunto carro-roda imediatamente após a colisão?

Se for necessário, use: sen 30^0 = 0,5, cos 30^0 = 0,87.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$m_{roda}v_{roda\,y} = (m_{carro} + m_{roda})v_{fy}$$

$$v_{fy} = \frac{m_{roda}v_{roda\,y}}{(m_{carro} + m_{roda})} = \frac{100kg \times (20m/s) \times sen30^0}{1000kg} = \frac{1000}{1000} m/s = 1{,}00 m/s$$

b) (3 pontos)

$$m_{carro}v_{carro\,x} - m_{roda}v_{roda\,x} = (m_{carro} + m_{roda})v_{fx}$$

$$v_{fx} = \frac{m_{carro}v_{carro\,x} - m_{roda}v_{roda\,x}}{(m_{carro} + m_{roda})} = \frac{900kg \times (25m/s) - 100kg \times (20m/s) \times \cos 30^0}{1000kg}$$

$$v_{fx} = \frac{22500 - 1740}{1000} m/s = 20{,}8 m/s$$

$$v_f^2 = v_{fx}^2 + v_{fy}^2 = (20{,}8m/s)^2 + (1{,}00m/s)^2 = 434\,(m/s)^2$$

$$Ec_f = \frac{1}{2}(m_{carro} + m_{roda})v_f^2 = \frac{1}{2}1000kg \times 434\,(m/s)^2 = 2{,}17 \times 10^5 J$$

Exemplo Acima da Média

Sistema Isolado, $|\vec{Q}|$ se conserva:

ⓐ Vertical (Transversal)
antes colisão
$V_{carro} = 0$
$V_{roda} = 72 \cdot sen 30° = 72 \cdot 0,5 = 36 \, km/h$
$m_{carro} = 900 \, kg$
$m_{roda} = 100 \, kg$

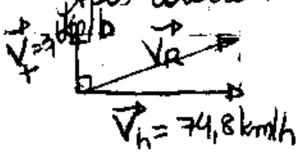
$Q_{antes} = Q_{depois}$
$Q_{carro} + Q_{roda} = Q_{(carro+roda)}$
$900 \cdot 0 + 100 \cdot 36 = (900+100) \cdot V \Leftrightarrow$
$3600 = 1000 V \Leftrightarrow$
$V = 3,6 \, km/h$ Transversal à direita do caminhão

Após a colisão a velocidade transversal do carro é igual à da roda, logo $V = 3,6 \, km/h$

ⓑ horizontal
antes colisão
$V_{carro} = 90 \, km/h$
$V_{roda} = -72 \cdot \cos 30° = -72 \cdot 0,87 = -62,64 \, km/h$
$m_{carro} = 900 \, kg$
$m_{roda} = 100 \, kg$

$Q_{antes} = Q_{depois}$
$Q_{carro} + Q_{roda} = Q \, (carro + roda)$
$900 \cdot 90 + 100(-62,64) = 1000 V$
$81000 - 6264 = 1000 V \Rightarrow$
$V = 74,8 \, km/h$ horizontal para direita

Após colisão:

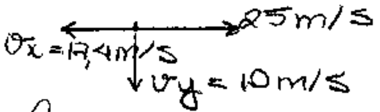


$V_R^2 = 3,6^2 + 74,8^2$
$V_R = 76 \, km/h$
$= 21,1 \, m/s$

$Ec = \frac{m \cdot V_R^2}{2} \Leftrightarrow \cancel{Ec = \frac{(900+100) \cdot 76^2}{2}}$
$Ec = \frac{(900+100) \cdot (21,1)^2}{2} = 2,2 \cdot 10^5 \, J$

Exemplo Abaixo da Média

a-) componente transversal



$v_y = v \, sen 30°$
$v_y = 20 \cdot 0,5$
$v_y = 10 \, m/s$

A componente é de $10 \, m/s$

b-) $Ec = \frac{mv^2}{2} = \frac{1000}{2} \cdot (24,5)^2$

$Ec = 500 \cdot 623$
$Ec = 31 \cdot 10^4 \, J$

$Q_{antes} = Q_{depois}$
$100 \cdot 20 + 900 \cdot 25 = 1000 \, v'$
$1000 \, v' = 24500$
$v' = 24,5 \, m/s$

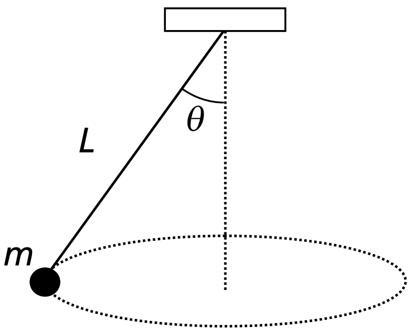
Comentários

A questão enfoca os conceitos de conservação da quantidade de movimento e de variação da energia cinética total numa colisão totalmente inelástica.

No exemplo acima da média, o candidato utiliza corretamente a conservação de cada componente da quantidade de movimento, utilizando para isto a velocidade em quilômetros por hora. No item **b** ele converte a velocidade final para metros por segundo e obtém a energia cinética em joules.

No exemplo abaixo da média, pode-se ver que o candidato calculou no item **a** apenas a componente transversal da velocidade da roda antes da colisão. No item **b**, utilizou equivocadamente a conservação da quantidade de movimento, pois não levou em consideração o caráter vetorial dessa grandeza.

5. Um pêndulo cônico é formado por um fio de massa desprezível e comprimento L = 1,25 m, que suporta uma massa m = 0,5 kg na sua extremidade inferior. A extremidade superior do fio é presa ao teto, conforme ilustra a figura abaixo. Quando o pêndulo oscila, a massa m executa um movimento circular uniforme num plano horizontal, e o ângulo que o fio forma com a vertical é $\theta = 60^0$.



a) Qual é a tensão no fio?

b) Qual é a velocidade angular da massa?

Se for necessário, use: sen 60^0 = 0,87, cos 60^0 = 0,5.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$T\cos\theta = mg \Rightarrow T = \frac{mg}{\cos\theta} = \frac{0{,}5\text{kg}\times 10\text{m/s}^2}{\cos 60^0} = 10\text{N}$$

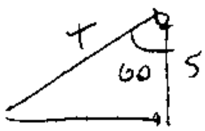
b) (3 pontos)

$$T\,\text{sen}\theta = m\omega^2 r = m\omega^2 L\,\text{sen}\theta \Rightarrow \omega^2 = \frac{T}{mL} = \frac{mg}{mL\cos\theta} = \frac{g}{L\cos\theta}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L\cos\theta}} = \sqrt{\frac{10\text{m/s}^2}{1{,}25\text{m}\times\cos 60^0}} = \sqrt{\frac{10\text{m/s}^2}{1{,}25\text{m}\times 0{,}5}} = 4{,}0\text{rad/s}$$

Exemplo Acima da Média

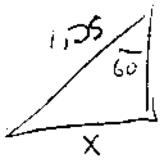
a)



$\cos 60 = \frac{5}{T}$

$\boxed{T = 10N}$

b) $R_c = \frac{mv^2}{R}$



$x = 1{,}25 \cdot 0{,}57 = 1{,}0875$

$\frac{8{,}7 \cdot 1{,}0875}{0{,}5} = v^2$

$v = \sqrt{19} \cong 4{,}4\ m/s$

$360° \text{ — } 2\pi R$

$x \text{ — } 4{,}4m$

$x = \frac{1584}{6{,}2}$

$\boxed{x = 244°/s}$

Exemplo Abaixo da Média

a) $T = P_y$ $\quad T = P \cdot \cos\theta \quad P = m \cdot g$

$T = 0{,}5 \cdot 10 \cdot 0{,}5$

$\boxed{T = 2{,}5\ N}$

A tensão é de 2,5 N

b) $F_c = P_x$

$m \cdot \frac{v^2}{R} = P \cdot \text{sen}\,\theta$

$\cancel{m} \cdot v^2 = R \cdot \cancel{m} \cdot g \cdot \text{sen}\,\theta$

$v^2 = 1{,}0875 \cdot 10 \cdot 0{,}87$

$V = \sqrt{9{,}46125}$

$\text{sen}\,\theta = \frac{co}{h}$

$R = 0{,}87 \cdot 1{,}25$

$R = 1{,}0875\ m$

$F_c = P_x$

$\cancel{m} \cdot \omega^2 R = \cancel{m} g\,\text{sen}\,\theta$

$\omega = \sqrt{\frac{g\,\text{sen}\,\theta}{R}}$

Como $\omega = \frac{V}{R}$

$\omega^2 = (\sqrt{9{,}46125} / 1{,}0875)^2$

$\omega = \sqrt{8}$ rad/s

$\boxed{\omega = 2\sqrt{2}\ rad/s}$

A velocidade angular é de $2\sqrt{2}$ rad/s

Comentários

Essa questão aborda uma situação simples de mecânica envolvendo equilíbrio de forças (em uma direção), decomposição vetorial e conceitos centrais do movimento circular uniforme.

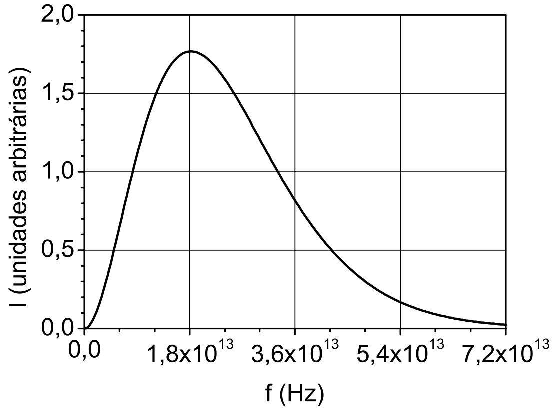
No exemplo acima da média, o vestibulando encontra a velocidade linear no item **b** para, em seguida, chegar à velocidade angular. A resposta final é dada numa unidade pouco usual para velocidade angular e estaria correta se um pequeno erro de cálculo não tivesse sido cometido.

No exemplo abaixo da média, o vestibulando percebeu que a solução do problema envolve o equilíbrio numa direção e uma resultante centrípeta em outra. Entretanto, faz a identificação dessas direções e a decomposição das forças de maneira completamente errada.

6. Todos os corpos trocam energia com seu ambiente através da emissão e da absorção de ondas eletromagnéticas em todas as freqüências. Um corpo negro é um corpo que absorve toda onda eletromagnética nele incidente, sendo que também apresenta a máxima eficiência de emissão. A intensidade das ondas emitidas por um corpo negro só depende da temperatura desse corpo. O corpo humano à temperatura normal de 37 ^{0}C pode ser considerado como um corpo negro. Considere que a velocidade das ondas eletromagnéticas é igual a $3{,}0\times10^8$ m/s.

a) A figura abaixo mostra a intensidade das ondas eletromagnéticas emitidas por um corpo negro a 37 ^{0}C em função da freqüência. Qual é o comprimento de onda correspondente à freqüência para a qual a intensidade é máxima?

b) Se um corpo negro cuja temperatura absoluta é T se encontra num ambiente cuja temperatura absoluta é T_a, a potência líquida que ele perde por emissão e absorção de ondas eletromagnéticas é dada por $P = \sigma A\,(T^4 - T_a^4)$, onde A é a área da superfície do corpo e $\sigma = 6 \times 10^{-8}$ W/(m^{2}K^4). Usando como referência uma pessoa com 1,70 m de altura e 70 kg de massa, faça uma estimativa da área da superfície do corpo humano. A partir da área estimada, calcule a perda total diária de energia por emissão e absorção de ondas eletromagnéticas por essa pessoa se ela se encontra num ambiente a 27 ^{0}C. Aproxime a duração de 1 dia por $9{,}0 \times 10^4$ s.



Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$f_{max} = 1{,}8\times10^{13}\,\text{Hz} \Rightarrow \lambda = \frac{c}{f_{max}} = \frac{3\times10^{8}\,\text{m/s}}{1{,}8\times10^{13}\,\text{Hz}} = 1{,}7\times10^{-5}\,\text{m} = 17\,\mu\text{m}$$

b) (3 pontos)

Área estimada do corpo humano (adulto): 1,5 m^2

$$P_{perda} = \sigma A\left[T^4 - T_a^4\right] = 6\times10^{-8}\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}^4}\times1{,}5\text{m}^2\times\left[(310\text{K})^4 - (300\text{K})^4\right] = 1{,}0\times10^2\ \text{W}$$

$$E = 1{,}0\times10^2\ \text{W}\times9\times10^4\,\text{s} = 9\times10^6\ \text{J} = 2{,}2\times10^3\,\text{kcal}$$

Exemplo Acima da Média

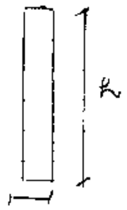
a) $V = \lambda . f$

$3 . 10^8 = \lambda . 1,8 . 10^{13}$

$\lambda \cong 1,67 . 10^{-5}$ m

b) $T_{corpo} = 37 + 273 = 310 K$ (T)

$T_a = 27 + 273 = 300 K$



largura média = 50 cm

$A_p = (50 + 50) . 10^{-2} . 1,7$

$A_p = 1,7 m^2$

$P_{ot} = P = \sigma . A . (T^4 - Ta^4)$

$P = 6 . 10^{-8} . 1,7 . (310^4 - 300^4)$

$P = 10,2 . 10^{-8} . 10^4$

$P = 1,02 . 10^{-3}$ W

$P_{ot} = 1,02 . 10^{-3}$

$\frac{E}{\Delta t} = 1,02 . 10^{-3}$

$E = 1,02 . 10^{-3} . 9 . 10^4$

$\therefore E = 9,18 . 10$ J

Exemplo Abaixo da Média

a) $\lambda . v . f$

$\lambda = 3.10^8 . 1,8 . 10^{-3}$

$\lambda = 5,4 . 10^{-11}$ m

O comprimento de onda é $5,4 \cdot 10^{-11}$ m.

b) $P = \sigma . A . (T^4 - Ta^4)$

$P = 6.10^{-8} . 160 . (27^4 - 37^4)$

$P = 6.10^{-8} . 160 . (27/37)^4$

$P = 6.10^{-8} . 160 . 2400$

$P = 2,304 . 10^{-2}$ W

1 s — $2,3 . 10^{-2}$

9.10^4 s — x

$x = 147 . 10^2$ W

A perda diária é $147 . 10^2$ W.

Comentários

Essa é uma questão de tema interdisciplinar, que mescla tópicos de energia, ondulatória, termologia e física moderna com habilidades de leitura e interpretação de gráficos e obtenção de estimativas de quantidades físicas. O candidato atento poderia perceber que uma grande fração da perda calórica diária do corpo humano se dá pela emissão de radiação eletromagnética.

No exemplo acima da média, o candidato usa uma simplificação engenhosa para estimar a área do corpo humano. Entretanto, erra o cálculo no item **b**.

O exemplo abaixo da média apresenta uma série de equívocos: relaciona incorretamente velocidade, comprimento de onda e freqüência; obtém, a partir do gráfico, um valor errado para a freqüência; não converte as temperaturas para a escala Kelvin; usa um valor para a área do corpo humano duas ordens de grandeza acima do correto, além de cometer erros de cálculo. É importante frisar que se espera que o candidato tenha noção da ordem de grandeza de quantidades cotidianas.

7. Desconfiada de que o anel que ganhara do namorado não era uma liga de ouro de boa qualidade, uma estudante resolveu tirar a dúvida, valendo-se de um experimento de calorimetria baseado no fato de que metais diferentes possuem diferentes calores específicos.

Inicialmente, a estudante deixou o anel de 4,0 g por um longo tempo dentro de uma vasilha com água fervente (100 ^{0}C). Tirou, então, o anel dessa vasilha e o mergulhou em um outro recipiente, bem isolado termicamente, contendo 2 ml de água a

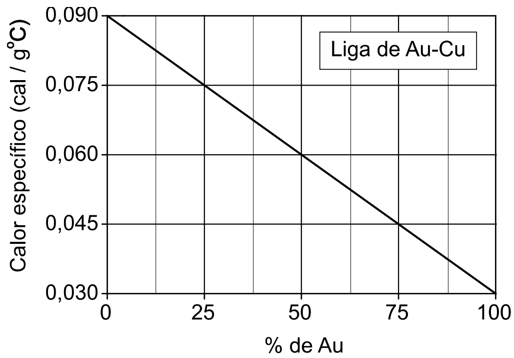
15 ^{0}C. Mediu a temperatura final da água em equilíbrio térmico com o anel. O calor específico da água é igual a 1,0 cal/g^{0}C, e sua densidade é igual a 1,0 g/cm^3. Despreze a troca de calor entre a água e o recipiente.

a) Sabendo-se que o calor específico do ouro é c_{Au} = 0,03 cal/g^{0}C, qual deveria ser a temperatura final de equilíbrio se o anel fosse de ouro puro?

b) A temperatura final de equilíbrio medida pela estudante foi de 22 ^{0}C. Encontre o calor específico do anel.

c) A partir do gráfico e da tabela abaixo, determine qual é a porcentagem de ouro do anel e quantos quilates ele tem.

% de Au	quilates
0	0
25	6
50	12
75	18
100	24



Resposta Esperada

a) (3 pontos)

$$Q_{água} + Q_{anel} = 0$$

$$m_{água}c_{água}(T_{eq} - 15\,°C) = m_{anel}c_{anel}(100\,°C - T_{eq})$$

$$m_{água} = d_{água}V_{água} = 2{,}0\,g$$

$$2{,}0\,g \times 1{,}0\frac{cal}{g\,°C} \times (T_{eq} - 15\,°C) = 4{,}0\,g \times 0{,}03\frac{cal}{g\,°C}(100\,°C - T_{eq})$$

$$100 \times (T_{eq} - 15\,°C) = 6 \times (100\,°C - T_{eq})$$

$$T_{eq} = \frac{2100}{106}\,°C \cong 20\,°C$$

b) (1 ponto)

$Q_{anel} + Q_{água} = 0$

$m_{água} c_{água} (22\,°C - 15\,°C) = m_{anel} c_{anel} (100\,°C - 22\,°C)$

$2{,}0\,g \times 1{,}0 \dfrac{cal}{g\,°C} \times (7\,°C) = 4{,}0\,g \times c_{anel} (78\,°C)$

$c_{anel} = \dfrac{7}{156} \dfrac{cal}{g\,°C} = 0{,}045 \dfrac{cal}{g\,°C}$

c) (1ponto)

Segundo o gráfico e a tabela, o anel possui 75% de ouro, sendo assim de 18 quilates.

Exemplo Acima da Média

a) $Q_1 + Q_2 = 0$

$m_o \cdot c_o \cdot \Delta\theta + m_A \cdot c_A \cdot \Delta\theta = 0$

$4 \cdot 0{,}03 \cdot (x - 100) + 2 \cdot 1 \cdot (x - 15) = 0$

$0{,}12x - 12 + 2x - 30 = 0$

$x = \dfrac{42}{2{,}12} \cong \boxed{12\,°C}$

b) $4 \cdot c_o \cdot (22 - 100) + 2 \cdot 1 \cdot (22 - 15) = 0$

$-312 \cdot c_o + 14 = 0$

$c_o = \dfrac{14}{312} = 0{,}045\ cal/g\,°C$

c) 75% ∴ 18 quilates

Exemplo Abaixo da Média

a) $Q_o = Q_f$

A temperatura final deve ser igual a 19,5°C.

$m.c.\Delta\theta = mc\Delta\theta$

$4.903.(\theta_f - \theta_o) = 1.1.(\theta_f - \theta_o)$

$0{,}12\theta_f - 12 = \theta\theta_f - 30$

$\theta_f = 19{,}5\,°C$

b) $Q_{água} = 2.1.(22-15)$

$Q = 2.7$

$Q = 14$

$14 = 4.c.(22-100)$

$14 = 4c.(-78)$

$4c = 0{,}17$

$c = 0{,}045$

O calor específico do anel é igual a 0,043 cal/g°C

c) Como a porcentagem de ouro do anel achado no gráfico é igual a 75% seus quilates são iguais a 18.

Comentários

A Questão 7 versa sobre um experimento simples que envolve conceitos de calorimetria. A situação descrita no experimento exemplifica o uso da criatividade e da metodologia científica para soluções de problemas do cotidiano. Após os cálculos para a solução da questão, a resposta final exigia a leitura de um gráfico.

No exemplo acima da média, o candidato montou corretamente o problema aplicando os conceitos de calorimetria pertinentes, mas cometeu um erro de conta na resposta final do item **a**.

No exemplo abaixo da média, o candidato inverte o sinal da variação de temperatura ao fazer o balanço da troca de calor entre a água e o anel, tanto no item **a** quanto no **b**. Se o candidato prosseguisse corretamente na resolução do item **b** a partir desse equacionamento equivocado, chegaria a um valor negativo para o calor específico do anel.

8. As baleias são mamíferos aquáticos dotados de um sistema respiratório altamente eficiente que dispensa um acúmulo muito elevado de ar nos pulmões, o que prejudicaria sua capacidade de submergir. A massa de certa baleia é de $1{,}50 \times 10^5$ kg e o seu volume, quando os pulmões estão vazios, é igual a $1{,}35 \times 10^2$ m^3.

a) Calcule o volume máximo da baleia após encher os pulmões de ar, acima do qual a baleia não conseguiria submergir sem esforço. Despreze o peso do ar nos pulmões e considere a densidade da água do mar igual a $1{,}0 \times 10^3$ kg/m^3.

b) Qual é a variação percentual do volume da baleia ao encher os pulmões de ar até atingir o volume máximo calculado no item **a**? Considere que inicialmente os pulmões estavam vazios.

c) Suponha que uma baleia encha rapidamente seus pulmões em um local onde o ar se encontra inicialmente a uma temperatura de 7 ^{0}C e a uma pressão de 1,0 atm ($1{,}0 \times 10^5$ N/m^2). Calcule a pressão do ar no interior dos pulmões da baleia, após atingir o equilíbrio térmico com o corpo do animal, que está a 37 ^{0}C. Despreze qualquer variação da temperatura do ar no seu caminho até os pulmões e considere o ar um gás ideal.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

$$E = P$$

$$m_{agua} g = m_{baleia} g \Rightarrow m_{agua} = m_{baleia} = 1{,}50 \times 10^5 \text{kg}$$

$$m_{agua} = V_{max} d_{agua} \Rightarrow V_{max} = \frac{m_{agua}}{d_{agua}} = \frac{1{,}50 \times 10^5 \text{kg}}{1{,}0 \times 10^3 \text{kg}/\text{m}^3} = 1{,}5 \times 10^2 \text{ m}^3$$

b) (1 ponto)

$$\Delta V = (1{,}5 - 1{,}35) \times 10^2 \text{ m}^3 = 15 \text{ m}^3 \quad \Rightarrow \frac{\Delta V}{V_{inicial}} = \frac{15}{135} = 0{,}11 \text{ ou } 11\%$$

c) (2 pontos)

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{Sendo } V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow \frac{1{,}0 \times 10^5 \text{ Pa}}{280\text{K}} = \frac{P_2}{310\text{K}}$$

$$P_2 = \frac{310}{280} \times 1{,}0 \times 10^5 \text{ Pa} = 1{,}1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Exemplo Acima da Média

a) $1{,}5 \cdot 10^2 m^3$ pois $\frac{1{,}5 \cdot 10^5}{1 \times 10^3} = 1{,}5 \cdot 10^2$

b) $1{,}5 \cdot 10^2 - 1{,}35 \cdot 10^2 = 0{,}15 \cdot 10^2$

$\frac{0{,}15 \cdot \cancel{10^2}}{1{,}35 \cdot \cancel{10^2}} = 0{,}111...$

$0{,}15 \times 10^2 = 11{,}111...\%$

∴ a variação é de 11,111%

c) $\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P' \cdot V'}{T'} \rightarrow \frac{1{,}0 \times 10^5 \cdot \cancel{0{,}15 \times 10^2}}{7} = \frac{P' \cdot \cancel{0{,}15 \times 10^2}}{37} \rightarrow$

$\rightarrow 37 \times 10^5 = 7P' \rightarrow P' \cong 5{,}142 \times 10^5 N/m^2$

Exemplo Abaixo da Média

a) Para que o volume da baleia seja máximo, o empuxo terá que ser igual ao peso da baleia

$P = E \rightarrow mg = \mu g V \rightarrow 1{,}5 \cdot 10^5 \cdot 10 = 1 \cdot 10 \cdot V$

$\rightarrow V_{MÁX} = 1{,}5 \cdot 10^5 m^3$

b) $V_{INICIAL} = 1{,}35 \cdot 10^2 m^3$; $V_{FINAL} = 1{,}5 \cdot 10^5 m^3$

$\Delta V = \dfrac{1{,}5 \cdot 10^5}{1{,}35 \cdot 10^2} = 1111\%$

c) $\dfrac{P_i V_i}{t_i} = \dfrac{P_f V_f}{t_f} \rightarrow$ ~~como não há variação de temperatura~~

$\cancel{\dfrac{P_i}{t_i} = \dfrac{P_f}{t_f}} \rightarrow \cancel{1 \cdot 310 = P_f}$

$\dfrac{1 \cdot 1{,}35 \cdot 10^2}{280} = \dfrac{P_f \cdot 1{,}5 \cdot 10^5}{310}$

$\rightarrow P_f = \dfrac{310 \cdot 135}{420 \cdot 10^5}$ atm

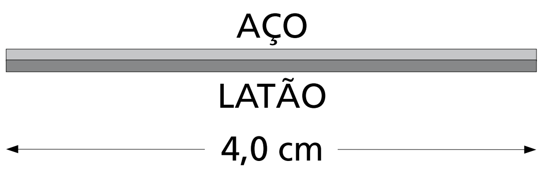
Comentários

A pluralidade de conteúdo é um aspecto importante explorado nessa questão. Para sua solução, o vestibulando deve dominar conceitos de hidrostática e de termologia que tradicionalmente não são cobrados em um mesmo problema. Na questão, esses conceitos estão contextualizados em uma particularidade real dos pulmões das baleias.

No exemplo acima da média, o candidato erra o item **c** por não converter a temperatura para a escala Kelvin.

No exemplo abaixo da média, observa-se um erro de unidade no item **a** que leva a um resultado absurdo no item **b**. Além disso, o candidato não conclui a conta do item **c**.

9. Pares metálicos constituem a base de funcionamento de certos disjuntores elétricos, que são dispositivos usados na proteção de instalações elétricas contra curtos-circuitos. Considere um par metálico formado por uma haste de latão e outra de aço, que, na temperatura ambiente, têm comprimento L = 4,0 cm. A variação do comprimento da haste, ΔL, devida a uma variação de temperatura ΔT, é dada por $\Delta L = \alpha\, L\, \Delta T$, onde α é o coeficiente de dilatação térmica linear do material.



a) Se a temperatura aumentar de 60 ^{0}C, qual será a diferença entre os novos comprimentos das hastes de aço e de latão? Considere que as hastes não estão presas uma à outra, e que α_{Lat} =1,9 × 10^{-5} $^0C^{-1}$ e $\alpha_{Aço}$ = 1,3 × 10^{-5} $^0C^{-1}$.

b) Se o aquecimento se dá pela passagem de uma corrente elétrica de 10 A e o par tem resistência de 2,4 x $10^{-3}\,\Omega$, qual é a potência dissipada?

Física

Resposta Esperada

a) (3 pontos)

$$L_1 - L_2 = L_0(\beta_1 - \beta_2)\Delta T = 4{,}0\,\text{cm}\times\left(0{,}6\times10^{-5}\,{}^{\circ}\text{C}^{-1}\right)\times 60\,{}^{\circ}\text{C} = 1{,}4\times10^{-3}\ \text{cm}$$

b) (2 pontos)

$$P = RI^2 = 2{,}4\times10^{-3}\,\Omega\times(10\,\text{A})^2 = 0{,}24\,\text{W}$$

Exemplo Acima da Média

a) $\Delta L_{lat} = 1{,}9\times10^{-5}.4\times10^{-2}.60$ $\qquad$ $\Delta L_{aço} = 1{,}3\times10^{-5}.4\times10^{-2}.60$

$\Delta L_{lat} = 456\times10^{-7}\,m$ $\qquad$ $\Delta L_{aço} = 312\times10^{-7}\,m$

$\Delta L_{lat} - \Delta L_{aço} = 456\times10^{-7} - 312\times10^{-7} = 144\times10^{-7}\,m$

Resp: A diferença entre os novos comprimentos será de 144×10^{-7} m.

b) $R = \frac{U}{i}$ $\qquad$ $P = U.i$

$U = R.i$ $\qquad$ $P = 24\times10^{-3}.10$

$U = 2{,}4\times10^{-3}.10$ $\qquad$ $P = 240\,W$

$U = 24\times10^{-3}$

Resp.: A potência dissipada é de 240 W.

Exemplo Abaixo da Média

a) aço

$\Delta L = \alpha.L.\Delta T$

$\Delta L = 1{,}3.10^{-5}.4.60$

$\Delta L = 312.10^{-5}$

$\Delta L = 3{,}12.10^{-3}\,cm$

latão

$\Delta L = \alpha.L.\Delta T$

$\Delta L = 1{,}9.10^{-5}.4.60$

$\Delta L = 696.10^{-5}$

$\Delta L = 6{,}96.10^{-3}\,cm$

Resp: A haste do aço diminui em 0,88 cm e a haste do latão aumenta em 2,96 cm.

b) $P = i^2.R$

$P = 10^2.2{,}4.10^{-3}$

$P = 100.2{,}4.10^{-3}$

$P = 2{,}4.10^{-1}\,J$

Resp: A potência dissipada será de $2{,}4.10^{-1}$ J.

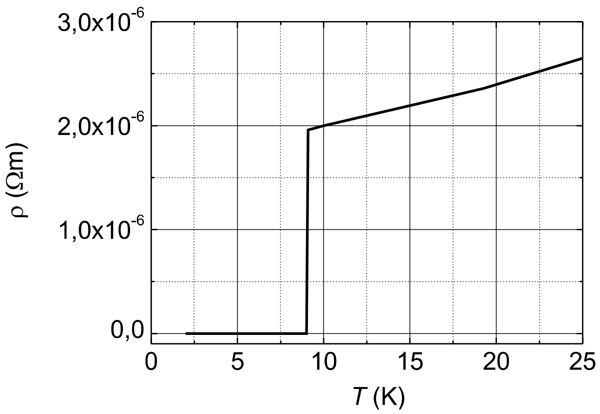
Comentários

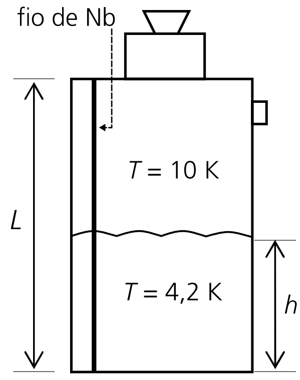
O funcionamento de um disjuntor de par metálico, que é um dispositivo elétrico de proteção muito utilizado, é o tema da questão que avalia os conhecimentos do vestibulando sobre dilatação térmica e potência elétrica. Novamente, a pluralidade de conteúdo é explorada na questão.

No exemplo acima da média, o vestibulando resolve corretamente a questão, mas erra ao manipular a potência de 10 durante o cálculo final do item **b**.

No exemplo abaixo da média, o candidato faz a substituição correta dos dados do enunciado na fórmula fornecida, mas não percebe que é necessária uma operação de subtração para chegar à resposta final do item **a**. Além disso, comete erros de cálculo e de unidade na questão.

10. O gráfico abaixo mostra a resistividade elétrica de um fio de nióbio (Nb) em função da temperatura. No gráfico, pode-se observar que a resistividade apresenta uma queda brusca em T = 9,0 K, tornando-se nula abaixo dessa temperatura. Esse comportamento é característico de um material supercondutor.





Um fio de Nb de comprimento total L = 1,5 m e seção transversal de área A = 0,050 mm^2 é esticado verticalmente do topo até o fundo de um tanque de hélio líquido, a fim de ser usado como medidor de nível, conforme ilustrado na figura abaixo. Sabendo-se que o hélio líquido se encontra a 4,2 K e que a temperatura da parte não imersa do fio fica em torno de 10 K, pode-se determinar a altura h do nível de hélio líquido através da medida da resistência do fio.

a) Calcule a resistência do fio quando toda a sua extensão está a 10 K, isto é, quando o tanque está vazio.

b) Qual é a altura h do nível de hélio líquido no interior do tanque em uma situação em que a resistência do fio de Nb vale 36 Ω?

Resposta Esperada

a) (3 pontos)

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

$$R = 2,0 \times 10^{-6}\ \Omega m \frac{1,5m}{0,050 \times 10^{-6} m^2} = 60\ \Omega$$

b) (2 pontos)

$$\frac{R_1}{R} = \frac{L_1}{L}$$

$$\frac{36}{60} = \frac{L_1}{1,5m} \Rightarrow L_1 = 0,90m$$

Logo: $h = 1,5m - 0,90m = 0,60\ m$

Exemplo Acima da Média

$1\,mm - 10^{-3}\,m$
$1\,mm^2 - 10^{-6}\,m^2$

a) $R = \frac{\rho L}{A}$ $\quad A = 0{,}050\,mm^2 = 0{,}050 \cdot 10^{-6}\,m^2$
$\rho(10K) = 2 \cdot 10^{-6}\,\Omega \cdot m$
↳ de acordo com a tabela
$L = 1{,}5\,m$

$R = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1{,}5}{5 \cdot 10^{-8}}$

$R = 3 \cdot 10^{2}$

$R = 300\,\Omega$

Resp: a resistência é de $300\,\Omega$.

b) $R = 36\,\Omega$

$R = \frac{\rho(L-h)}{A} \rightarrow 36 = \frac{2 \cdot 10^{-6}(1{,}5-h)}{5 \cdot 10^{-8}}$

$1{,}5 - h = \frac{\overset{18}{\cancel{36}} \cdot 5 \cdot 10^{\cancel{-8}\,-2}}{\cancel{2} \cdot \cancel{10^{-6}}}$

$1{,}5 - h = 90 \cdot 10^{-2}$

$h = 1{,}5 - 0{,}9$

$h = 0{,}6\,m$

Resp: a altura do nível de hélio será de 0,6m.

Exemplo Abaixo da Média

a) De acordo com o gráfico, quando o tanque está vazio a ~~resistividade~~ resistência é de $2 \cdot 10^{-6}\,\Omega$

Comentários

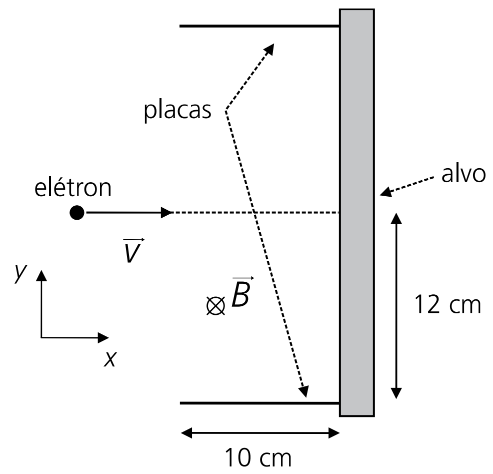
A questão aborda o problema da supercondutividade aplicada a um medidor muito usado em laboratórios de pesquisa. Embora o estudo da supercondutividade não faça parte do conteúdo do Ensino Médio, o problema apresenta todos os dados necessários para que seja resolvido explorando-se apenas a leitura de gráfico e conceitos básicos de eletricidade.

No exemplo acima da média, o vestibulando lê corretamente o gráfico, aplica a fórmula da resistência elétrica de forma apropriada, mas comete um erro na conta final do item **a**.

No exemplo abaixo da média, o candidato confunde os conceitos de resistência e resistividade, e fornece o valor da resistividade lido no gráfico como resposta final da resistência no item **a**.

11. A utilização de campos elétrico e magnético cruzados é importante para viabilizar o uso da técnica híbrida de tomografia de ressonância magnética e de raios X.

A figura abaixo mostra parte de um tubo de raios X, onde um elétron, movendo-se com velocidade $v = 5{,}0 \times 10^5$ m/s ao longo da direção x, penetra na região entre as placas onde há um campo magnético uniforme, $\vec{B}$, dirigido perpendicularmente para dentro do plano do papel. A massa do elétron é $m_e = 9 \times 10^{-31}$ kg e a sua carga elétrica é $q = -1{,}6 \times 10^{-19}$ C. O módulo da força magnética que age sobre o elétron é dado por $F = qvB\,sen\theta$, onde θ é o ângulo entre a velocidade e o campo magnético.



a) Sendo o módulo do campo magnético $B = 0{,}010$ T, qual é o módulo do campo elétrico que deve ser aplicado na região entre as placas para que o elétron se mantenha em movimento retilíneo uniforme?

b) Numa outra situação, na ausência de campo elétrico, qual é o máximo valor de B para que o elétron ainda atinja o alvo?

O comprimento das placas é de 10 cm.

Resposta Esperada

a) (2 pontos)

A força magnética está na direção y, apontando para o sentido negativo de y.

A força elétrica deve ter módulo igual ao da força magnética,

com a mesma direção (y) e sentido oposto (sentido positivo de y). Assim:

$$F_e = qvB\,sen\,90^0 = qvB$$

$$E = \frac{F_e}{q} = vB = 5{,}0 \times 10^5 \frac{m}{s} \times 0{,}010\,T = 5{,}0\,\frac{kV}{m}$$

b) (3 pontos)

$$r = \frac{m_e v}{qB} \Rightarrow B = \frac{m_e v}{qr}$$

Como $r_{min} = 10\,cm$, para que o elétron atinja o alvo, então:

$$B_{max} = \frac{m_e v}{q r_{min}} = \frac{9 \times 10^{-31} kg \times 5{,}0 \times 10^5 \frac{m}{s}}{1{,}6 \times 10^{-19} C \times 0{,}10 m} = 2{,}8 \times 10^{-5} T$$

Exemplo Acima da Média

a) Para que ~~o par~~ elétron se desloque com velocidade constante:

F elétrica = F magnética

E $\quad qE = q v B \operatorname{sen} \theta$ onde $\theta = 90°$

$$\cancel{q}E = \cancel{q} vB$$
$$E = vB$$
$$E = 5\times10^{5} \cdot 1\times10^{-2}$$
$$E = 5\times10^{3}\ N/C$$

b) Como B é máximo ~~a~~ o elétron tende a ~~fugir~~ ter movimento circular uniforme, o elétron dará uma volta, onde o raio será a metade do comprimento da placa.

$$R = 5\times10^{-2}\ m$$
$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$B = \frac{mv}{qR}$$
$$B = \frac{9\times10^{-31} \cdot 5\times10^{5}}{1,6\times10^{-19} \cdot 5\times10^{-2}}$$
$$B = \frac{45\times10^{-26}}{8\times10^{-21}}$$
$$B \cong 5,62\times10^{-5}\ T$$

Exemplo Abaixo da Média

a) $E = \frac{KQ}{d^2}$

$$E = \frac{9.10^{9} \cdot 1,6.10^{-19}}{12^2}$$
$$E = \frac{14,4 . 10^{-10}}{144}$$
$$\boxed{E = 10^{-9}\ V/m}$$

Comentários

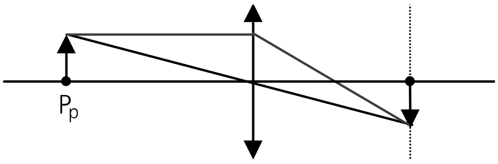
Um problema técnico importante no desenvolvimento de instrumentos de diagnóstico médico serve de motivador para o problema que avalia o vestibulando através dos conceitos de força elétrica, campo elétrico, força magnética de Lorentz e campo (indução) magnética. O problema do movimento de uma carga elétrica na presença de campos elétrico e magnético precisa ser resolvido em situações bastante simples.

No exemplo acima da média, o candidato resolve corretamente a questão aplicando os conceitos pertinentes de eletricidade e magnetismo, mas relaciona de forma equivocada o raio da órbita e o comprimento das placas para o cálculo de B_{max}.

No exemplo abaixo da média, vê-se um erro relativamente freqüente em que o candidato usa uma fórmula conhecida para o campo elétrico, mas que não se aplica à situação descrita na questão. Atribui valores às grandezas envolvidas na fórmula a partir dos dados do problema e chega a uma resposta desprovida de qualquer significado.

12. O olho humano só é capaz de focalizar a imagem de um objeto (fazer com que ela se forme na retina) se a distância entre o objeto e o cristalino do olho for maior que a de um ponto conhecido como ponto próximo, P_p (ver figura abaixo). A posição do ponto próximo normalmente varia com a idade.

Uma pessoa, aos 25 anos, descobriu, com auxílio do seu oculista, que o seu ponto próximo ficava a 20 cm do cristalino. Repetiu o exame aos 65 anos e constatou que só conseguia visualizar com nitidez objetos que ficavam a uma distância mínima de 50 cm. Considere que para essa pessoa a retina está sempre a 2,5 cm do cristalino, sendo que este funciona como uma lente convergente de distância focal variável.



a) Calcule as distâncias focais mínimas do cristalino dessa pessoa aos 25 e aos 65 anos.

b) Se essa pessoa, aos 65 anos, tentar focalizar um objeto a 20 cm do olho, a que distância da retina se formará a imagem?

Resposta Esperada

a) (3 pontos)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \Rightarrow f = \frac{pp'}{p+p'} = \frac{p2,5\,\text{cm}}{p+2,5\,\text{cm}}$$

$$\begin{cases} 25\,\text{anos: } p = 20\,\text{cm} \Rightarrow f_{\substack{\text{min} \\ 25\,\text{anos}}} = \dfrac{20\times 2,5}{20+2,5}\text{cm} = \dfrac{50}{22,5}\text{cm} = 2,2\,\text{cm} \\ 65\,\text{anos: } p = 50\,\text{cm} \Rightarrow f_{\substack{\text{min} \\ 65\,\text{anos}}} = \dfrac{50\times 2,5}{50+2,5}\text{cm} = \dfrac{125}{52,5}\text{cm} = 2,4\,\text{cm} \end{cases}$$

b) (2 pontos)

$$p' = \frac{p f_{\substack{\text{min} \\ 65\,\text{anos}}}}{p - f_{\substack{\text{min} \\ 65\,\text{anos}}}} = \frac{20\times 2,4}{20-2,4}\text{cm} = \frac{48}{17,6}\text{cm} = 2,7\,\text{cm}$$

$$d = 2,7\,\text{cm} - 2,5\,\text{cm} = 0,2\,\text{cm} = 2\,\text{mm (atrás da retina)}$$

Exemplo Acima da Média

a)

• Distância focal aos 25 anos:

$\frac{1}{f} = \frac{1}{20} + \frac{1}{2,5}$ → $\frac{1}{f} = \frac{9}{20}$

$\frac{1}{f} = \frac{1+8}{20}$ → $f = \frac{20}{9} \cong \boxed{2,2cm}$

• Distância focal aos 65 anos:

$\frac{1}{f'} = \frac{1}{50} + \frac{1}{2,5}$ → $f' = \frac{50}{21}$

$\frac{1}{f'} = \frac{1+20}{50}$ → $\boxed{f' \cong 2,4cm}$

b) Cálculo da distância:

$\frac{1}{2,4} = \frac{1}{20} + \frac{1}{d}$

$\frac{1}{2,4} = \frac{d+20}{20d}$

$20d = 2,4d + 48$

$17,6d = 48$

$\boxed{d = 2,6cm}$

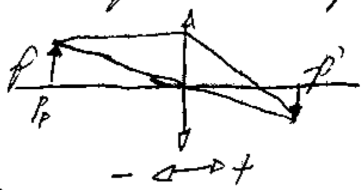
A imagem se formará a 2,6cm da retina.

Exemplo Abaixo da Média

a) Pontos próximos:

aos ~~25~~ 25 anos: 20 cm
aos 65 anos: 50 cm

Ponto próximo = p $p' = 2,5$ cm



$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$

Para 25 anos: $\frac{1}{f} = \frac{-1}{20} + \frac{2}{5} = \frac{7}{20}$ → $\boxed{f = \frac{20}{7} = 2,85 \text{ cm}}$

Para 65 anos: $\frac{1}{f} = \frac{-1}{50} + \frac{2}{5} = \frac{11}{50}$ → $\boxed{f = \frac{50}{11} = 4,54 \text{ cm}}$

b) $f = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$

Comentários

Uma deficiência visual que acomete grande parte das pessoas em idade avançada, a presbiopia, é a base de uma questão de óptica geométrica que envolve a formação de imagens por lentes delgadas.

No exemplo acima da média, o candidato resolve corretamente o item **a** e encaminha a solução do item **b** de forma adequada. Comete um erro de cálculo no final do item **b** e esquece de subtrair a distância da retina ao cristalino para fornecer a resposta final.

No exemplo abaixo da média, o candidato escreve corretamente a fórmula necessária, esquematiza de forma correta as posições do objeto, da lente e da imagem, além de traçar os raios luminosos, mas usa uma convenção de sinal inapropriada, o que o leva a respostas completamente erradas.