Caderno de Questões 2003

2ª Fase

Física

UNICAMP
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
COMISSÃO PERMANENTE PARA OS VESTIBULARES

Introdução

As questões de Física do vestibular 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 nesse tipo de prova depende diretamente da sua capacidade de interpretar a situação proposta e tratá-la com um repertório de conhecimento compatível com 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 2 e 7, sendo focalizada nesta última uma experiência facilmente reprodutível na cozinha) , abordagem de problemas de Física Moderna com conceitos de Física Clássica, interpretação pelo menos parcial de resultados de pesquisa de ponta (questão 12), fundamentos físicos de problemas multidisciplinares (questão 4), funcionamento de máquinas de uso geral ou cotidiano (questão 1), evolução dos conceitos da Física (questão 3), bem como uma melhor compreensão de soluções tecnológicas modernas (questões 5, 10 e 11). A prova também apresentou questões de concepção mais tradicional (questões 8 e 9), mas com a preocupação de utilizar valores realísticos para as grandezas físicas. 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 trabalhosas, 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, nesse vestibular foram enfocados temas não abordados com a mesma ênfase nos últimos anos, como por exemplo Gravitação e Termodinâmica. 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 ao programa, 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 não são impossíveis. Nesse último vestibular nenhum dos procedimentos descritos acima foi negligenciado, mas infelizmente uma das questões precisou ser anulada devido a um erro técnico de edição. O desgaste que o enunciado incompleto da questão 6 deve ter provocado nos candidatos torna muito difícil a apreciação adequada das demais questões.

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

Utilize g = 10 m/s^2 sempre que necessário na resolução dos problemas.

Questão 1

A velocidade linear de leitura de um CD é 1,2 m/s.

a) Um CD de música toca durante 70 minutos, qual é o comprimento da trilha gravada?
b) Um CD também pode ser usado para gravar dados. Nesse caso, as marcações que representam um caracter (letra, número ou espaço em branco) têm 8 μm de comprimento. Se essa prova de Física fosse gravada em um CD, quanto tempo seria necessário para ler o **item a** desta questão? 1μm=10^{-6} m.

Resposta esperada

a)
s = vt
70 min x 60 = 4200 s
4200 s x 1,2 m/s = 5040 m
(2 pontos)

b)
número de caracteres : no intervalo [70,90]
(número de caracteres) x 8 x 10^{-6} m = [5,6 x 10^{-4} m , 7,2 x 10^{-4} m]
t = (número de caracteres) x 8 x 10^{-6} m / 1,2 m/s = [470 μs, 600 μs]
(3 pontos)

Exemplo acima da média

a) 70min = 4200 seg.

$V_{leitura} = 1{,}2\ m/s$ $\qquad \frac{1{,}2}{1} = \frac{\text{Comprimento}}{4800}$

Comprimento = 5040 m

R: O comprimento da trilha é de 5040 m.

b) Como o item a) possui 80 caracteres, e cada caracter mede 8 µm, calcula-se

Comprimento do item a): $= 80 \cdot 8 \cdot 10^{-6}\ m = 6{,}4 \cdot 10^{-4}\ m$

$\frac{1}{1{,}2} = \frac{6{,}4 \cdot 10^{-4}}{t} \qquad t = 7{,}68 \cdot 10^{-4}\ s$

R: O tempo gasto para ler o item a) é de $7{,}68 \cdot 10^{-4}\ s$.

Exemplo abaixo da média

a) $v = 1{,}2\ m/s$

$\Delta t = 70\ min$ ou $4200\ s$

$V_L = \frac{2\pi R}{T}$

$1{,}2 \cdot 4200 = 2\pi R$

$2\pi R = 50400\ m$

∴ O comprimento do fio é de 50400 m.

b) 1 caracter — $8 \times 10^{-6}\ m$

x — $50{,}4 \times 10^{3}\ m$

$x = \frac{504 \times 10^{3}}{8 \times 10^{-6}}$

$\boxed{x = 63 \times 10^{8}\ \text{caracteres}}$

4200 s — 50400 m

y — $63 \times 10^{8} \cdot 10^{-6}$

$y = \frac{63 \times 10^{2} \cdot 4{,}2 \times 10^{3}}{50{,}4 \times 10^{3}}$

$y = \frac{2646 \times 10^{2}}{504 \times 10^{-1}}$

$\boxed{y = 5{,}25 \times 10^{3}\ s}$

∴ O tempo necessário é de 5250 s.

Comentários

No exemplo de nota abaixo da média nota-se um erro conceitual no item **a**, bem como uma interpretação errada na leitura do item **b**.

Questão 2

Um cartaz de uma campanha de segurança nas estradas apresenta um carro acidentado com a legenda "*de 100 km/h a 0 km/h em 1 segundo*", como forma de alertar os motoristas para o risco de acidentes.

a) Qual é a razão entre a desaceleração média e a aceleração da gravidade, a_C/g ?
b) De que altura o carro deveria cair para provocar uma variação de energia potencial igual à sua variação de energia cinética no acidente?
c) A propaganda de um carro recentemente lançado no mercado apregoa uma "*aceleração de 0 km/h a 100 km/h em 14 segundos*". Qual é a potência mecânica necessária para isso, considerando que essa aceleração seja constante? Despreze as perdas por atrito e considere a massa do carro igual a 1000 kg.

Resposta esperada

a)

100 km/h = 100.000 m/ 3600 s = 27,8 m/s ⇒ 2,8 g (2,78 g)
Atenção; 27 m/s ⇒ 2,7g
(1 ponto)

b)

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

$$\frac{28^2}{2} = 10h \qquad h = 39,2m$$

(2 pontos)

c)

$$W = E_f - E_i = 3,92x10^5 J$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3,92x10^5}{14} = 28000W = 28kW$$

alternativa:

$$P = \frac{F \times d}{\Delta t} = \frac{mad}{\Delta t}$$

$$d = 196m \longrightarrow \begin{array}{l} \Delta s = \frac{1}{2}at^2 \\ v^2 = 2a\Delta s \end{array}$$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) $100 Km/h \cong 27,77 m/s$

$ac = \frac{V_f - V_i}{\Delta t} = \frac{0 - 27,77}{1}$

$ac \cong -27,77 m/s^2$

$\frac{ac}{g} = \frac{-27,77}{10} = \boxed{-2,777}$

b) $\cancel{m}.g.h = 0,5.\cancel{m}.V^2$

$10.h = \frac{27,77^2}{2}$

$\boxed{h \cong 38,55 m}$

c) $P = \frac{Ec}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}.m.V^2}{\Delta t} = \frac{\frac{1}{2}.1000.27,77^2}{14} = \boxed{2749,67W}$

Exemplo abaixo da média

a) $ac = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0-100}{1-0} = -100 m/s^2$ $g = 10 m/s^2$

RESP: $\frac{ac}{g} = \frac{-100}{10} = -10$

b) $Ec = \frac{m.v^2}{2} = \frac{m.100^2}{2} = 5000m$

$Epg = m.g.h$

$\Rightarrow 5000\cancel{m} = \cancel{m}.10.h$

$\boxed{h = 500m}$

RESP: ALTURA $h = 500m$

c) $P = \frac{\tau}{\Delta t} \rightarrow \tau = \Delta Ec$

$\Delta Ec = \frac{m.v^2}{2} = \frac{\overset{500}{\cancel{1000}}.10000}{\cancel{2}} = 5000000 J$

$P = \frac{5000000}{14} \cong 357142,85 W$

RESP: A POTÊNCIA É DE 357142,85 W ~~(AP)~~ APROXIMADAMENTE.

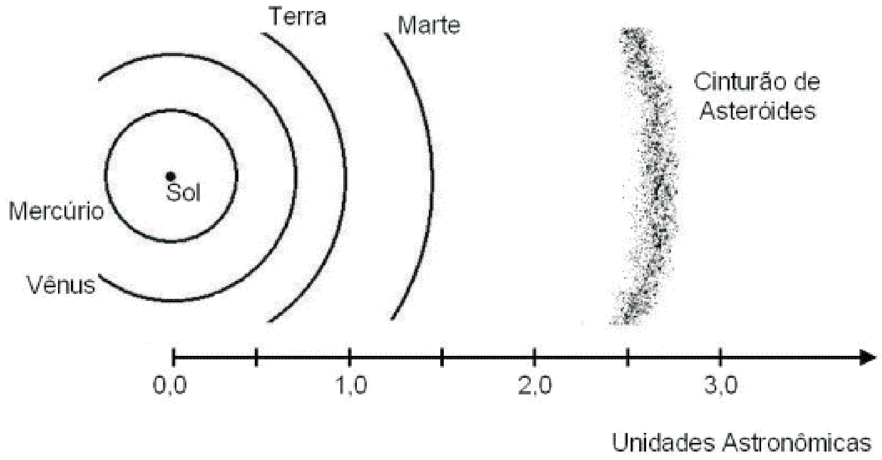
Comentários

Trata-se de uma questão sobre conservação de energia e potência com uma solução alternativa envolvendo cinemática (item **c**).

Questão 3

A terceira lei de Kepler diz que "o quadrado do período de revolução de um planeta (tempo para dar uma volta em torno do Sol) dividido pelo cubo da distância do planeta ao Sol é uma **constante**". A distância da Terra ao Sol é equivalente a 1 UA (unidade astronômica).

a) Entre Marte e Júpiter existe um cinturão de asteróides (vide figura). Os asteróides são corpos sólidos que teriam sido originados do resíduo de matéria existente por ocasião da formação do sistema solar. Se no lugar do cinturão de asteróides essa matéria tivesse se aglutinado formando um planeta, quanto duraria o ano deste planeta (tempo para dar uma volta em torno do Sol) ?
b) De acordo com a terceira lei de Kepler, o ano de Mercúrio é mais longo ou mais curto que o ano terrestre?



Resposta esperada

a)

$$\frac{T^2}{R^3} = cte$$

$$R_A = 2,7UA$$

$$T_A^2 = \frac{R_A^3}{R_T^3} T_T^2 = (2,7)^3 = 19,7$$

$$\therefore T_A = 4,4anos$$

Atenção: $R_A = 2,5UA$ *T_A=3,95 ≈ 4 anos (intervalo: 3,9 a 4,7). Resposta em dias: 1424 a 1716 .*

(3 pontos)

b)

$$T_M^2 = \frac{R_M^3}{R_T^3} T_T^2$$

$$R_M < R_T$$

$$\therefore T_M < T_T$$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) $t_{terra} = t_{meteoros}$

$$\frac{365^2}{1^3} = \frac{x^2}{2,5^3}$$

$$\boxed{x = 365\sqrt{(2,5)^3} \text{ dias}}$$

b) $t_{terra} = t_{mercurio}$

Mais curto

$$365^2 = \frac{x^2}{0,5^3}$$

$$x = 365 . 0,5\sqrt{0,5}$$

$$x = 182,5\sqrt{0,5}$$

Exemplo abaixo da média

$T_{terra} = 24\,h$

$T_{terra} = 86400\,s$

a) $$\frac{T_T^2}{D_T^3} = \frac{T_a^2}{D_a^3}$$

$$\frac{(86400)^2}{(0,5)^3} = \frac{T_a^2}{(2,5)^3}$$

$$T_a^2 = \frac{25.\cancel{25}.\cancel{25}.\cancel{10^{-3}}.(86400)^2}{\cancel{5}.\cancel{5}.\cancel{5}.\cancel{10^{-3}}}$$

$$T_a = \sqrt{125.(86400)^2}$$

$$T_a = 86400.5\sqrt{5}$$

$$T_a = 432000\sqrt{5}\,s$$

b) $$\frac{T^2}{D^3} = K$$

O ano é mais longo que o terrestre pois o período e a distância não são inversamente proporcionais.

Comentários

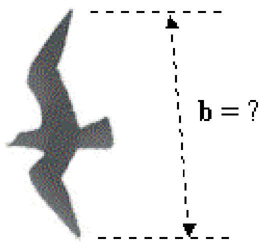
O exemplo acima da média ilustra uma resolução correta e concisa, que indica claramente o raciocínio utilizado. O exemplo abaixo da média mostra uma inconsistência entre as respostas nos itens **a** e **b**.

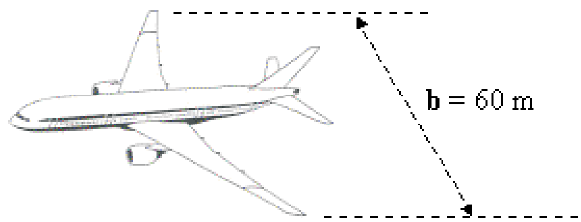
Questão 4

Um corpo que voa tem seu peso **P** equilibrado por uma força de sustentação atuando sobre a superfície de área **A** das suas asas. Para vôos em baixa altitude esta força pode ser calculada pela expressão

$$\frac{\mathbf{P}}{\mathbf{A}} = \mathbf{0{,}37\ V^2}$$

onde V é uma velocidade de vôo típica deste corpo. A relação **P/A** para um avião de passageiros é igual a 7200 N/m^2 e a distância **b** entre as pontas das asas (envergadura) é de 60 m. Admita que a razão entre as grandezas **P/A** e **b** é aproximadamente a mesma para pássaros e aviões.





a) Estime a envergadura de um pardal.
b) Calcule a sua velocidade de vôo.
c) Em um experimento verificou-se que o esforço muscular de um pássaro para voar a 10 m/s acarretava um consumo de energia de 3,2 J/s. Considerando que 25% deste consumo é efetivamente convertido em potência mecânica, calcule a força de resistência oferecida pelo ar durante este vôo.

Resposta esperada

a)
Aproximadamente 15 cm.

(1 ponto)

b)

$$\frac{P}{A}\times\frac{1}{b} = 7200\,\frac{N}{m^2}\times\frac{1}{60m} = 120\,\frac{N}{m^3}$$

$$\therefore \frac{P}{A}_{pardal} = 120\,\frac{N}{m^3}\times 0{,}15m = 18$$

$$V^2 = \frac{18}{0{,}37} = 48{,}64 \approx 49$$

$$V = 7\,{}^{m}\!/_{s}$$

Considerando o intervalo para a envergadura do pardal entre 10cm e 30 cm:

$$5{,}7\,{}^{m}\!/_{s} \le V \le 10\,{}^{m}\!/_{s}$$

(2 pontos)

c)

$$FV = \frac{3,2}{4} \Rightarrow F = \frac{3,2}{4V} = \frac{3,2}{40} = 0,08N$$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) A envergadura de um pardal mede, aproximadamente, 20 cm.

b) Avião: $\frac{P/A}{b} = \frac{7200}{60} = 120$

Pardal: $\frac{P/A}{0,2} = 120 \Rightarrow P/A = 24 = 0,37V^2 \Rightarrow V^2 = 64,8$

$V \cong 8,05$

A velocidade de vôo do pardar é de, aproximadamente, 8,05 m/s

c) $P = F \times V$ $\qquad P = \frac{25}{100} \times 3,2 = 0,8$ J/s

$0,8 = F \times 10$

$F = 0,08$ N

A força de resistência do ar é de 0,08 N

Exemplo abaixo da média

a) $b_{PARDAL} \cong 1m$

b) $\frac{1}{60} = \frac{X}{7200} \longrightarrow x = 120 N/m^2$

$120 = 0,37V^2 \longrightarrow V^2 = \frac{120}{0,37} \longrightarrow V \approx \frac{11}{0,6} \cong \boxed{18 m/s}$

c) $3,2 . 0,25 = 0,8W$

$F_{SUST} = 0,37 . 10^2 = 37N$

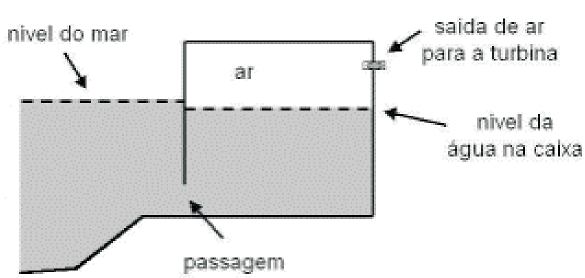
$F = 0,25 . 37 = \boxed{9,75N}$

Comentários

A questão envolve uma estimativa (lembremos que o pardal é considerado o pássaro mais comum no Brasil) e apresenta relação não usual (dada no enunciado) entre grandezas físicas simples.

Questão 5

Uma usina que utiliza a energia das ondas do mar para gerar eletricidade opera experimentalmente na Ilha dos Picos, nos Açores. Ela tem capacidade para suprir o consumo de até 1000 pessoas e o projeto vem sendo acompanhado por cientistas brasileiros.
A usina é formada por uma caixa fechada na parte superior e parcialmente preenchida com a água do mar, que entra e sai por uma passagem (vide figura), mantendo aprisionada uma certa quantidade de ar. Quando o nível da água sobe dentro da caixa devido às ondas, o ar é comprimido, acionando uma turbina geradora de eletricidade. A área da superfície horizontal da caixa é igual a 50 m^2.



a) Inicialmente, o nível da água está a 10 m do teto e a pressão do ar na caixa é igual à pressão atmosférica (10^5 Pa). Com a saída para a turbina fechada, qual será a pressão final do ar se o nível da água subir 2,0 m? Considere que no processo a temperatura do ar permanece constante.

b) Esboce a curva que representa o processo do **item a** em um diagrama de pressão em função do volume do ar.

c) Estime o trabalho (em Joules) realizado pelas ondas sobre o ar da caixa.

Resposta esperada

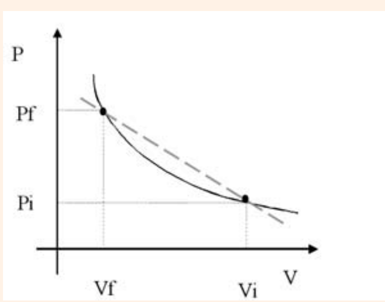
a)

$$PV = cte$$
$$P_iV_i = P_fV_f \Rightarrow P_iAh_i = P_fAh_f$$

$$P_f = P_i\frac{h_i}{h_f} = P_i\frac{10}{8} = 1,25\times10^5\,Pa$$

(2 pontos)

b)



(2 pontos)

c)
Calcular a área de um trapézio, aproximando para uma reta a curva entre Pf e Pi:

$P_f = 400\ m^3$ $P_I = 500\ m^3$ $V_f = 1{,}25 \times 10^5\ Pa$ $V_I = 1 \times 10^5\ Pa$

$W = 1{,}125 \times 10^7\ J$

(1 ponto)

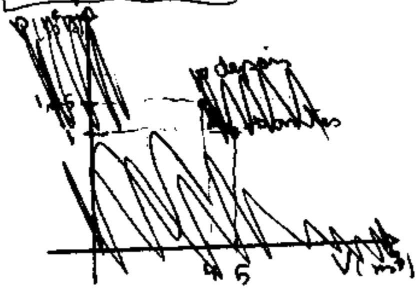
Exemplo acima da média

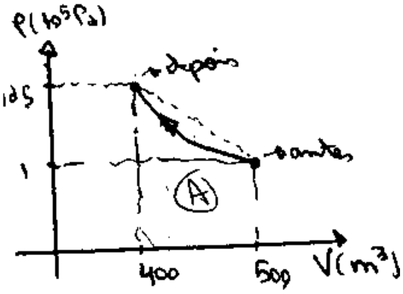
ⓐ $V_{antes} = 50 \cdot 10 = 500\ m^3$ $V_{depois} = 50 \cdot 8 = 400\ m^3$
$P_{antes} = 10^5\ Pa$ $P_{dep} = ?$

$P_{ant} \cdot V_{ant} = P_{dep} \cdot V_{dep}$
$10^5 \cdot 500 = P_{dep} \cdot 400$
$P_{dep} = \frac{5 \cdot 10^5}{4} = 1{,}25 \cdot 10^5\ Pa$

$\boxed{P_{depois} = 1{,}25\ atm}$

ⓑ





ⓒ $\tau \overset{N}{=} \text{Área} =$

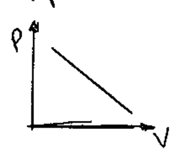
$\tau = \frac{(1{,}25 \cdot 10^5 + 1 \cdot 10^5) \cdot 100}{2} = \frac{2{,}25 \cdot 10^5 \cdot 100}{2} = 1{,}125 \cdot 10^7\ J$

$\boxed{\tau = 1125\ 0000\ \text{Joules}}$

Exemplo abaixo da média

a) $10m - 10^5\ Pa$ $\therefore X = 1{,}2 \cdot 10^5\ Pa$
$12m - X$
R: a pressão final será $1{,}2 \cdot 10^5\ Pa$

b)



c)

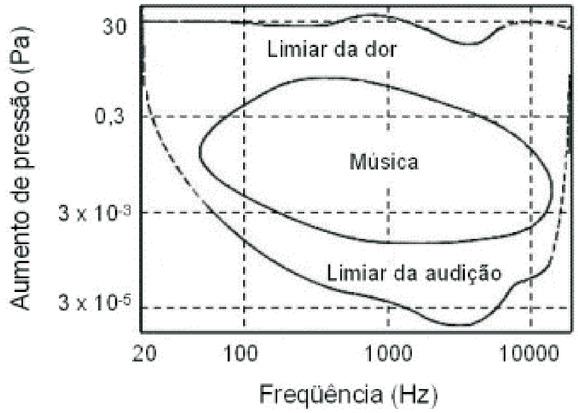
Comentários

O exemplo de nota abaixo da média ilustra um erro de interpretação do enunciado (h_f = 12 m em vez de h_f = 8 m) que leva a um resultado numérico final (item **a**) próximo do correto em função do uso conceitualmente errado de uma regra de três.

Questão 6

Algumas técnicas usadas para determinar a absorção óptica de um gás baseiam-se no fato de que a energia luminosa absorvida é transformada em energia térmica, elevando assim a temperatura do gás que está sendo investigado.

a) Calcule a energia absorvida pelo gás na passagem de um pulso do feixe de luz laser que dura 2 x 10^{-3} s.
b) Sendo a capacidade térmica do gás igual a 2,5 x 10^{-2} J/K, qual é a elevação de temperatura do mesmo gás, causada pela absorção do pulso luminoso?
c) Calcule o aumento de pressão produzido no gás devido à passagem de um pulso. Se esse pulso é repetido a uma freqüência de 100 Hz, em que região do gráfico abaixo, que representa os níveis sonoros da audição humana em função da freqüência, situa-se o experimento?



Resposta esperada

a)
0,01 x 5 x 10^{-2} W x 2 x 10^{-3} s = 10 x 10^{-7} J = 1μJ
(1 ponto)

b)

$$Q = C\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{1\times10^{-6}}{2,5\times10^{-2}} = 4\times10^{-5}\,K$$

(2 pontos)

c)

$$\frac{P}{T} = cte \Rightarrow P_f = \frac{T_f}{T_i}P_i$$

$$\Delta P = P_f - P_i = \frac{(T_f - T_i)}{T_i}P_i = \frac{4\times10^{-5}}{300}\times10^{5} = 1,25\times10^{-2}\,Pa$$

Essa variação de pressão está na região de música do gráfico acima.

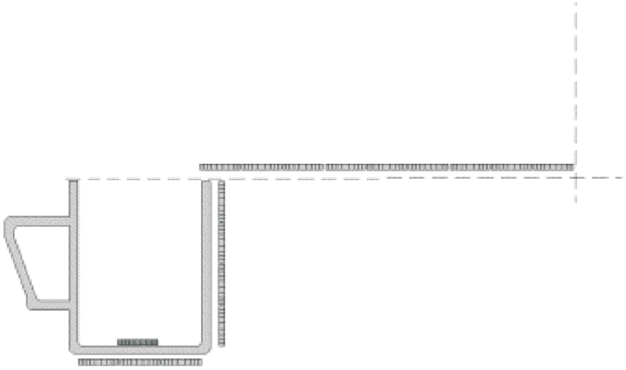
(2 pontos)

Comentários

Acima apresentamos a solução esperada para a questão que foi anulada devido a um erro técnico de edição, que ocorreu apesar do processo de revisão.

Questão 7

Uma moeda encontra-se exatamente no centro do fundo de uma caneca. Despreze a espessura da moeda. Considere a altura da caneca igual a 4 diâmetros da moeda, d_M, e o diâmetro da caneca igual a 3 d_M.



a) Um observador está a uma distância de 9 d_M da borda da caneca. Em que altura mínima, acima do topo da caneca, o olho do observador deve estar para ver a moeda toda?

b) Com a caneca cheia de água, qual a nova altura mínima do olho do observador para continuar a enxergar a moeda toda?

$n_{água}$ = 1,3.

Resposta esperada

a)

$$\frac{h}{9} = \frac{4}{1} \Rightarrow h = 36d_M$$

(2 pontos)

b)

lei de Snell:

$$n_2^2 sen^2\theta_2 = n_1^2 sen^2\theta_1$$

$$\left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 = 1,7$$

$$sen^2\theta_2 = \frac{1}{17}$$

$$\therefore sen^2\theta_1 = 0,1$$

Usando o Teorema de Pitágoras para encontrar sen²:

$$sen^2\theta_1 = \frac{81}{81+h^2} = \frac{1}{10}$$

$$h^* = 27d_m$$

Alternativa:

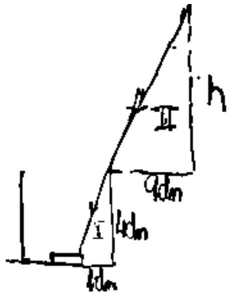
$$h_{aparente} = \frac{h_{real}}{n_{agua}}$$

$$h' \simeq 27,7d_m$$

(Essa solução aproximada aparece sob diversas formas.)
(3 pontos)

Exemplo acima da média

a)

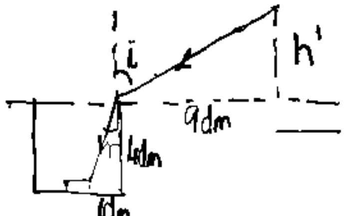


Para que o observador veja a moeda toda, ele deve enxergar a parte direita da moeda, logo triângulo I ~ triângulo II, então

$\frac{1}{4} = \frac{9}{h} \Rightarrow h = 36\ dm$

A altura mínima deve ser 36 diâmetros da moeda

b) como $n_{água} > n_{ar}$, o raio refratado se aproxima da normal



Pela lei de Snell-Descartes

$n_{ar} \cdot sen\, i = n_{água} \cdot sen\, r$

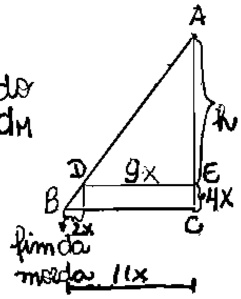
$sen\, i = \frac{9}{\sqrt{81 + h'^2}}$ $\quad sen\, r = \frac{1}{\sqrt{17}}$

$\Rightarrow \frac{9}{\sqrt{81+h'^2}} = 1,3 \cdot \frac{1}{\sqrt{17}} \Rightarrow \frac{81}{81+h'^2} = 1,7 \cdot \frac{1}{17} \Rightarrow 81 + h'^2 = 810 \Rightarrow h'^2 = 729$

$\Rightarrow h' = 27\ dm$

Exemplo abaixo da média

A.) sendo $x = d_M$



$\Delta ABC \approx \Delta ADE$

$\frac{11x}{h+4x} = \frac{9x}{h}$ $\quad 11x\,h = 9xh + 36x^2$

$2x\,h = 36x^2$

$h = 36x$

R. O observador deve estar no mínimo a 36 diâmetros da moeda acima do topo da caneca.

B) na letra A o $\hat{\imath} = \hat{r}$, portanto $\text{sen } i = \frac{2x}{5x} = \frac{2}{5}$

na letra B a $\hat{\imath} \neq \hat{r}$, porém o $\hat{\imath}_A = \hat{\imath}_B$

$\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} = \frac{n \text{ para}}{n \text{ prim}}$

$\text{sen } i = \frac{1}{\frac{1}{\frac{2}{5}}}$ $\quad \frac{1}{\frac{1}{\frac{13}{10}}}$ $\quad \text{sen } i = \frac{13}{4}$

sendo $\text{sen} = \frac{9x}{h}$

$\frac{9x}{h} = \frac{13}{4}$ $\quad h = \frac{36x}{13}$

$h \cong 2{,}8\,x$

R. O observador deve estar a(té) uma altura de aproximadamente 2,8 diâmetros da moeda.

Comentários

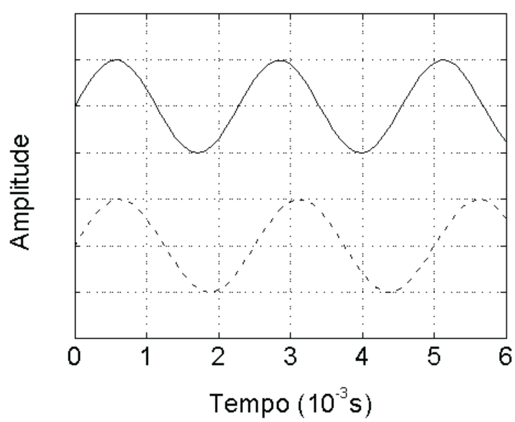
O exemplo de nota abaixo da média ilustra um caso em que uma resposta, numericamente igual à correta, é obtida por coincidência, a partir de um erro de interpretação do enunciado (item **a**): utilização do centro da moeda em vez da borda direita.

Questão 8

Para a afinação de um piano usa-se um diapasão com freqüência fundamental igual a 440 Hz, que é a freqüência da nota Lá. A curva contínua do gráfico representa a onda sonora de 440 Hz do diapasão.

a) A nota Lá de um certo piano está desafinada e o seu harmônico fundamental está representado na curva tracejada do gráfico. Obtenha a freqüência da nota Lá desafinada.

b) O comprimento dessa corda do piano é igual a 1,0 m e a sua densidade linear é igual a 5,0 x 10^{-2} g/cm. Calcule o aumento de tensão na corda necessário para que a nota Lá seja afinada.



Resposta esperada

a)

$T = 2{,}5 \times 10^{-3}\, s$
$F = T^{-1} = 400\ Hz$

$$f = \frac{1}{T}$$

(3 pontos)

b)

$$\left.\begin{array}{l} v = \sqrt{\dfrac{T}{\rho}} \\ v = \lambda f \\ \lambda = 2\ \mathrm{m} \end{array}\right\} \quad f = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{P}}$$

$v_{400\ hz} = 2 \times 400 = 800\ m/s$

$v_{440\ hz} = 2 \times 440 = 880\ m/s$

$$T_{400Hz} = (800m/s)^2 \times 5 \times 10^{-3}\, kg/m = 3200N$$

ou

$$T_{440Hz} = (880m/s)^2 \times 5 \times 10^{-3}\, kg/m = 3850N$$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) $V = \lambda . f \rightarrow \lambda = V.T \quad \therefore f = \frac{1}{T}$

$f = \frac{1}{2{,}5.10^{-3}} = \underline{400Hz}$ (Lá desafinada)

b) $f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad \therefore \quad \rho = 5.10^{-2}\, g/cm = 5.10^{-3}\, kg/m$

$440 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{T}{5.10^{-3}}} \qquad 400 = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{T'}{5.10^{-3}}}$

$(880)^2 = \frac{T}{5.10^{-3}} \qquad (800)^2 = \frac{T'}{5.10^{-3}}$

$T = 3872N \qquad T' = 3200N$

$\therefore$ Aumento de $3872 - 3200 = \boxed{672\ N}$

Exemplo abaixo da média

a) $T = (3,1 - 0,6).10^{-3}s = 2,5.10^{-3}s.$

$f = \frac{1}{2,5.10^{-3}} = \boxed{400 Hz}$

b) $m = 5.10^{-2}.10^{2} = 5g.$

Comentários

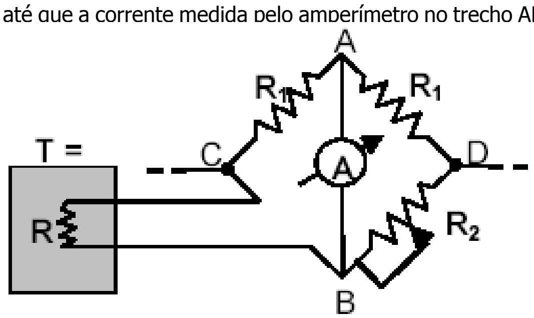
O exemplo acima da média ilustra uma solução completa, apesar do alto grau de dificuldade da questão.

Questão 9

A variação de uma resistência elétrica com a temperatura pode ser utilizada para medir a temperatura de um corpo. Considere uma resistência **R** que varia com a temperatura **T** de acordo com a expressão

$$R = R_o\,(1 + \alpha T)$$

onde R_o=100 -Ω , $\alpha = 4 \times 10^{-3}\ {}^oC^{-1}$ e **T** é dada em graus Celsius. Esta resistência está em equilíbrio térmico com o corpo, cuja temperatura **T** deseja se conhecer. Para medir o valor de **R** ajusta-se a resistência R_2, indicada no circuito abaixo, até que a corrente medida pelo amperímetro no trecho AB seja nula.



a) Qual a temperatura T do corpo quando a resistência R_2 for igual a 108 Ω?
b) A corrente através da resistência R é igual a $5{,}0\times10^{-3}$ A. Qual a diferença de potencial entre os pontos C e D indicados na figura?

Resposta esperada

a)
$R_1I_1 = R_2I_2$ Þ $R = R_2$ ou $R_1R_2 = R_1R$

$108 = 100 \times (1 + 0{,}004\ T)$
$8 = 0{,}4\ T$
$T = 20^oC$

(3 pontos)

b)

$V = RI$
$V_{CD} = 2 \times R \times I = 2 \times 108 \times 5 \times 10^{-3} = 1{,}08\ V$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) Considerando a corrente em AB como nula, temos uma situação de equilíbrio conhecida como Ponte de Westone, na qual vale a relação:

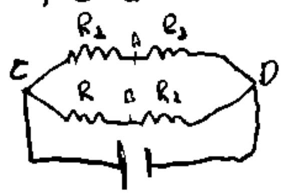
$$\cancel{R_1} \cdot R_2 = \cancel{R_1} \cdot R \Rightarrow R = R_2 = 108\,\Omega$$

$$R = R_0(1+\alpha T)$$

$$108 = 100(1+4\cdot10^{-3}T) \qquad T = \frac{1}{4\cdot10^{-3}}\left(\frac{108}{100}-1\right) = \frac{8}{10^{2}\cdot4\cdot10^{-3}} = \boxed{20°C}$$

$$\boxed{T = 20°C}$$

b) Esquema:



R e R_2 estão em série, assim:

$$R_{Eq} = R + R_2 = 2\cdot108 = 216\,\Omega$$

$$V_{CD} = R_{Eq}\cdot i = 216\cdot5\cdot10^{-3} = \boxed{1V}$$

A diferença de potencial é 1 V.

+ corrente em $R = R_2 = 5\cdot10^{-3}$

Exemplo abaixo da média

a) $R = R_2 = 108\,\Omega$

$R = R_0(1+\alpha T)$

$108 = 100\cdot(1+4\cdot10^{-3}T)$

$108 = 100 + 0,4T$

$8 = 0,4T$

$T = 20°C$

Resposta: 20°C

b) $Ri = V$

$216\cdot5\cdot10^{-3} = V$

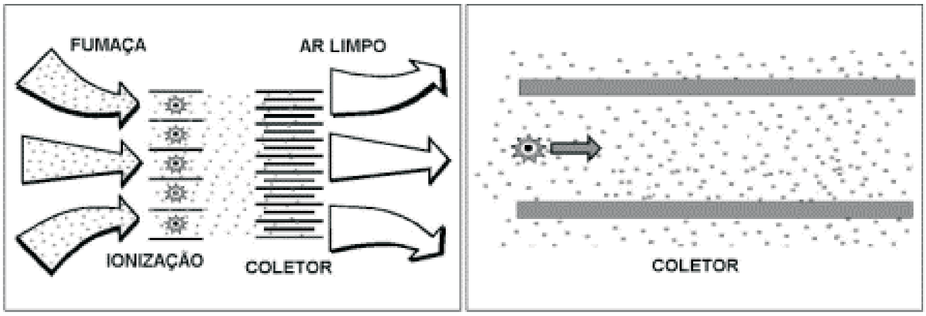
$V_{CD} = 28\cdot10^{-2}\,V$

Comentários

No exemplo abaixo da média a resolução do item **b** está errada e no item **a**, embora a resposta final seja a correta, o raciocínio da igualdade das resistências não foi claramente indicado.

Questão 10

A fumaça liberada no fogão durante a preparação de alimentos apresenta gotículas de óleo com diâmetros entre 0.05 μm e 1 μm. Uma das técnicas possíveis para reter estas gotículas de óleo é utilizar uma coifa eletrostática, cujo funcionamento é apresentado no esquema abaixo: a fumaça é aspirada por uma ventoinha, forçando sua passagem através de um estágio de ionização, onde as gotículas de óleo adquirem carga elétrica. Estas gotículas carregadas são conduzidas para um conjunto de coletores formados por placas paralelas, com um campo elétrico entre elas, e precipitam-se nos coletores.



a) Qual a massa das maiores gotículas de óleo? Considere a gota esférica, a densidade do óleo $\rho_{óleo} = 9{,}0 \times 10^2$ kg/m³ e π=3.
b) Quanto tempo a gotícula leva para atravessar o coletor? Considere a velocidade do ar arrastado pela ventoinha como sendo 0,6 m/s e o comprimento do coletor igual a 0,30 m.
c) Uma das gotículas de maior diâmetro tem uma carga de 8×10^{-19} C (equivalente à carga de apenas 5 elétrons!). Essa gotícula fica retida no coletor para o caso ilustrado na figura? A diferença de potencial entre as placas é de 50 V, e a distância entre as placas do coletor é de 1 cm. Despreze os efeitos do atrito e da gravidade.

Resposta esperada

a)

$$\left.\begin{aligned} m &= \rho V \\ V &= \frac{4}{3}\pi r^3 \end{aligned}\right\} \text{ ou } \quad V = 0{,}5\times10^{-18}\, m^3$$

$$m = 9\times10^2 \times \frac{4}{3}\pi \times \left(0{,}5\times10^{-6}\right)^3 = 9\times4\times10^2\times5^3\times10^{-21} = 4{,}5\times10^{-16}\, kg$$

(2 pontos)

b)

$$\Delta t = \frac{d}{v} = \frac{0{,}3}{0{,}6} = 0{,}5s$$

(1 ponto)

c)

F = qE = ma (1 ponto)

$8 \times 10^{-19} \times 50 \times 10^{2} = 4{,}5 \times 10^{-16}\, a$

$a = 9\ m/s^2 \quad (8{,}8\ m/s^2)$

$d = 0{,}5 \times a \times \Delta t^2$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{0{,}01}{9}} = \frac{0{,}1}{3} = 0{,}033s < 0{,}5s$$

ou

$$d = 0{,}5 \times 9 \times (0{,}5)^2 = 1{,}125cm > 0{,}5cm$$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a-) diâmetro da maior = 1 μm ∴ raio = 0,5 μm = 5.10^{-7} m

$V_{óleo} = \frac{4}{3}.\pi.R^3 = \frac{4}{\cancel{3}}.\cancel{\pi}.5^3.(10^{-7})^3 = 4.125.10^{-21} = 500.10^{-21} = 5.10^{-19}\ \cancel{Kg}\ m^3$

900 Kg — 1 m³
x — 5.10^{-19} m³ } $\boxed{x = 45.10^{-17}\ Kg}$

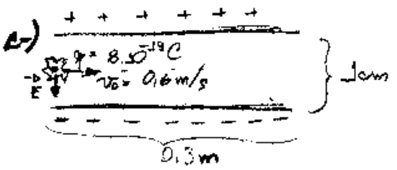
A massa das maiores gotículas é 45.10^{-17} Kg.

b-) $V = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow 0{,}6 = \frac{0{,}3}{\Delta t}$

$\boxed{\Delta t = 0{,}5\ s}$

O tempo será de 0,5 segundos.

c-)



$R = m.a$
$F = m.a$
$E.|q| = m.a$
$50.8.10^{-19} = 45.10^{-17}.a$
$\cancel{40}.10^{-18} = \cancel{45}.10^{-17}.a$
$a \cong 10^{-1}\ m/s^2$

$F = E.|q|$

$y = y_0 + \cancel{V_{0y}.t}^{\,0} + \frac{a.t^2}{2}$

$1 = 0{,}5 + \frac{10^{-1}.t^2}{2}$

$10^{-1}.t^2 = 1 \Rightarrow t = \sqrt{10}$ ∴ a gota não ficará retida.
$t > 0{,}5s$

Exemplo abaixo da média

a) $V = \frac{3}{4} \pi R^3$

$V = \frac{3}{4} \cdot 3 \left(\frac{1}{2} \cdot 10^{-6}\right)^3$

$V = \frac{9}{32} \; 10^{-18} \; m^3$

$9 \cdot 10^3 \, kg$ —— $1 \, m^3$

x —— $\frac{9}{32} \cdot 10^{-18} \, m^3$

$x = \frac{81}{32} \cdot 10^{-16} \, kg$

$\boxed{x \cong 2,53 \cdot 10^{-16} \, kg}$

b) $0,6 = \frac{0,3}{t}$

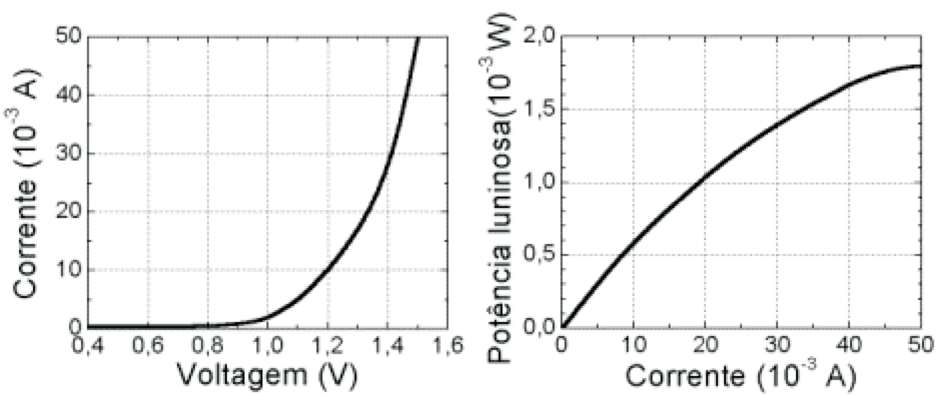
$\boxed{t = 0,5 s}$

Comentários

No exemplo acima da média pode-se verificar o domínio dos conceitos envolvidos, bem como uma correta interpretação do enunciado. A resposta final do item **c** está errada devido a um erro de cálculo.

Questão 11

Um LED (do inglês Light Emiting Diode) é um dispositivo semicondutor para emitir luz. Sua potência depende da corrente elétrica que passa através desse dispositivo, controlada pela voltagem aplicada. Os gráficos abaixo representam as características operacionais de um LED com comprimento de onda na região do infravermelho, usado em controles remotos.



a) Qual é a potência elétrica do diodo, quando uma tensão de 1,2 V é aplicada?
b) Qual é a potência de saída (potência elétrica transformada em luz) para essa voltagem? Qual é a eficiência do dispositivo?
c) Qual é a eficiência do dispositivo sob uma tensão de 1,5 V ?

Resposta esperada

a)

$P = IV$
$P = 1{,}2 \times 10^{-2}\ W$

(2 pontos)

b)

$P_{lum} = 0{,}6 \times 10^{-3}\ W$

$$\frac{P_{lum}}{P} = \frac{0{,}6 \times 10^{-3}}{1{,}2 \times 10^{-2}} = 0{,}05 = 5\%$$

(2 pontos)

c)

$P = 7{,}5 \times 10^{-2}$ W   (75 mW)

$P_{lum} = 1{,}8 \times 10^{-3}$ (1,8 mW)

$$\frac{P_{lum}}{P} = \frac{1{,}8 \times 10^{-3}}{7{,}5 \times 10^{-2}} = 0{,}024 = 2{,}4\%$$

(1 ponto)

Exemplo acima da média

a) Utilizando-se $P = U.i$, tem-se:
$P = 1{,}2 . 10 . 10^{-3} \Leftrightarrow \boxed{P = 12 . 10^{-3} W}$

b) De acordo com os gráficos, a potência de saída nessa situação é de $0{,}6 . 10^{-3}$ W. A eficiência do dispositivo é de 5 %, já que a razão entre a potência total e a potência de saída é 1/20.

c) De acordo com os gráficos, sob tal tensão, o dispositivo é percorrido por uma corrente de $50 . 10^{-3}$ A e tem uma potência de saída de $18 . 10^{-3}$ W.
Utilizando-se $P = U.i$, tem-se que a potência total nessa situação é de $75 . 10^{-3}$ W. Assim, a eficiência do dispositivo, nesse caso, é de 2,4 % (razão entre a potência total e a potência de saída).

Exemplo abaixo da média

a) $P = iU$

$P = 1.10^{-3}.1,2$

$P = 1,2.10^{-3}\,W$

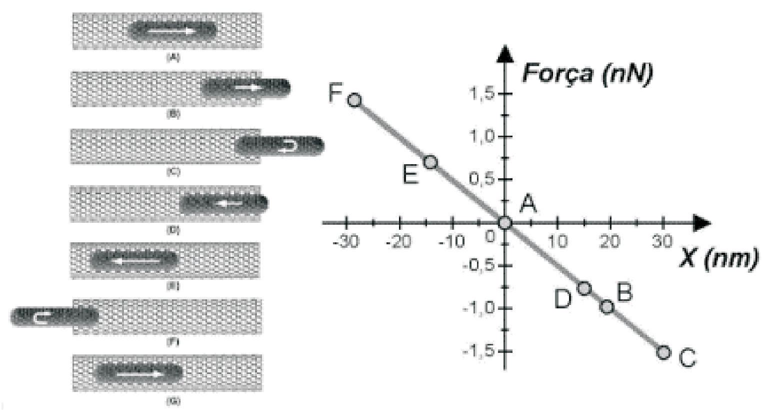
a potência é de $1,2.10^{-3}\,W$

Comentários

Questão contextualizada envolvendo interpretação de gráficos e conceitos simples do programa de ensino médio. O exemplo acima da média apresenta uma solução totalmente correta com uma indicação textual clara do raciocínio utilizado.

Questão 12

Os átomos de carbono têm a propriedade de se ligarem formando materiais muito distintos entre si, como o diamante, o grafite e os diversos polímeros. Há alguns anos foi descoberto um novo arranjo para esses átomos: os nanotubos, cujas paredes são malhas de átomos de carbono. O diâmetro desses tubos é de apenas alguns nanometros (1 nm = 10^{-9}m). No ano passado, foi possível montar um sistema no qual um "nanotubo de carbono" fechado nas pontas oscila no interior de um outro nanotubo de diâmetro maior e aberto nas extremidades, conforme ilustração abaixo. As interações entre os dois tubos dão origem a uma força restauradora representada no gráfico. 1 nN = 10^{-9} N.



a) Encontre, por meio do gráfico, a constante de mola desse oscilador.

b) O tubo oscilante é constituído de 90 átomos de carbono. Qual é a velocidade máxima desse tubo, sabendo-se que um átomo de carbono equivale a uma massa de $2x10^{-26}$ kg.

Resposta esperada

a)

F = -kx

$$k = \frac{1,5nN}{30nm} = 0,05\frac{N}{m} = \frac{1}{20}\frac{N}{m}$$

Atenção:

$$F = Kx$$

$$K = -0,05\frac{N}{M}$$

$$\vartriangle t = \sqrt{\frac{0,01}{9}} = \frac{0,1}{3} = 0,033s < 0,5s$$

$$ou$$

$$d = 0,5\times 9\times (0,5)^2 = 1,125cm > 0,5cm$$

(2 pontos)

b)

Conservação de energia:

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kx_{max}{}^2$$

Determinação da massa:

$m = 90 \times 2 \times 10^{-26} = 180 \times 10^{-26}\ kg$

Cálculo da velocidade:

v = 5000 m/s

(3 pontos)

Exemplo acima da média

$d = 1\,nm = 1 \cdot 10^{-9}\,m$

a) $|F| = k|x|$ força restauradora $\rightarrow < 0$.

$|F| = 1 \cdot 10^{-9}$

$x = 20 \cdot 10^{-9}$

$\cancel{1 \cdot 10^{-9} = k \cdot 20 \cdot 10^{-9}}$

$k = \frac{1}{20} = \frac{1}{2} \cdot 10^{-1} = 0{,}05\ \frac{N}{m}$

b) 90 átomos de carbono. $V_{máx} = ?$

1 átomo $\rightarrow 2 \cdot 10^{-26}\,kg$

90 átomos $\rightarrow m$

$m = 180 \cdot 10^{-26}\,kg$

$V_{MÁX} \rightarrow E_{cin\,MÁX} \rightarrow E_{potencial\ elástica} = 0$

$E_{pel} = \frac{kx^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot (30 \cdot 10^{-9})^2}{2} = \frac{5 \cdot 10^{-2} \cdot 9 \cdot 10^{2} \cdot 10^{-18}}{2} = \frac{45}{2} \cdot 10^{-18}\,J$

$\frac{45}{2} \cdot 10^{-18} = \frac{180 \cdot 10^{-26}\, V^2}{2} \Rightarrow V^2 = \frac{45 \cdot 10^{-18}}{180 \cdot 10^{-26}} = \frac{1}{4} \cdot 10^{-18+26} = \frac{1}{4} \cdot 10^{8}$

$V = \frac{1}{2} \cdot 10^{4} = 0{,}5 \cdot 10^{4} = 5 \cdot 10^{3}\,m/s$

Exemplo abaixo da média

a) $F = Kx$

$-1 \cdot 10^{-9} = K \cdot 2 \cdot 10^{-9}$

$\boxed{K = -\frac{1}{2}\ N/m}$

R: A constante de mola do oscilador vale $-0{,}5\ N/m$

b) $m_T = 90 \cdot 2 \cdot 10^{-26}\,Kg$ $F = m \cdot a$

$m_T = 18 \cdot 10^{-25}\,Kg$ $-1 \cdot 10^{-9} = 18 \cdot 10^{-25} \cdot a$

$a = 0{,}556 \cdot 10^{15} \leftarrow a = -\frac{1}{1{,}8} \cdot 10^{15}$

$V^2 = -2 \cdot a \cdot \Delta S$

$V = \sqrt{2 \cdot 5{,}56 \cdot 10^{5}}$

$V = \sqrt{1{,}112 \cdot 10^{6}}$

$\boxed{V \cong 10^{3}\,m/s}$

R: A velocidade máxima desse tubo vale aproximadamente $10^{3}\,m/s$

Comentários

Exemplo de uma questão abordando um tema de pesquisa científica de ponta com aplicação de conceitos de mecânica estudados no ensino médio. No exemplo abaixo da média verifica-se um erro conceitual na troca do sinal da constante de mola.