www.convest.unicamp.br

Caderno de Questões 2002

Caderno de Questões 2002

Vestibular nacional UNICAMP 2003

A Unicamp Comenta Suas provas

UNICAMP
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
COMISSÃO PERMANENTE PARA OS VESTIBULARES

2ª Fase

Física

UNICAMP

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
COMISSÃO PERMANENTE PARA OS VESTIBULARES

Introdução

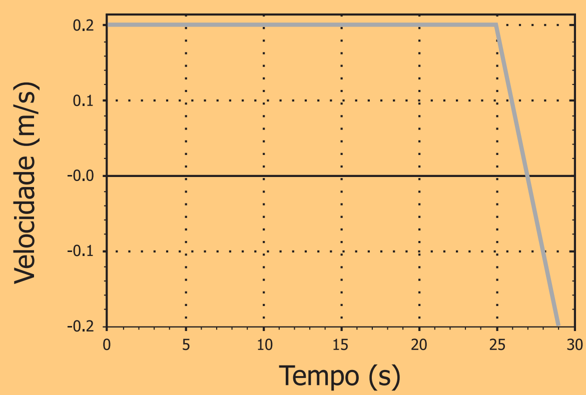
As questões de Física do Vestibular UNICAMP versam sobre assuntos variados do programa (que constam do Manual do Candidato). Elas são formuladas de modo a explorar as ligações entre situações reais e conceitos básicos da Ciência Física, muitas vezes percebidos como um conjunto desconexo de equações abstratas e fórmulas inacessíveis. Pelo contrário, o sucesso do candidato no tipo de prova apresentado depende diretamente da sua capacidade de interpretar uma situação proposta e tratá-la com um repertório de conhecimento compatível com um estudante egresso do ensino médio. A exploração de conexões entre situações reais e conceitos físicos contidos no programa de ensino médio de Física abrange um amplo leque de opções: situações ligadas à vida cotidiana, abordagem de problemas de Física Moderna com conceitos de Física Clássica, interpretação parcial de resultados de pesquisa de ponta da Ciência Física, fundamentos físicos em problemas multidisciplinares , funcionamento de máquinas e aparelhos de uso geral ou cotidiano e a evolução dos conceitos na história da Física. Nesse sentido, a banca elaboradora apresenta inúmeras 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. 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 de clareza dos enunciados, do tempo para resolvê-las, da adequação da linguagem e ao programa, eventual semelhança com questões de provas anteriores. Um bom trabalho de revisão às vezes obriga a banca a reformular questões e mesmo a substituí-las. A política da Comvest, que as bancas de Física vêm seguindo reiteradamente, é de não manter bancos de questões. Além disso, não utilizamos questões de livros ou de qualquer compilação de problemas. Portanto, se alguma questão se parece com a de um livro ou compilação é porque o número de questões possíveis numa matéria como a de Física é finito e, coincidências não são impossíveis.

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/s² sempre que necessário na resolução dos problemas.

Questão 1



O gráfico acima, em função do tempo, descreve a velocidade de um carro sendo rebocado por um guincho na subida de uma rampa. Após 25 s de operação, o cabo de aço do guincho rompe-se e o carro desce rampa abaixo.

a) Qual a velocidade constante com que o carro é puxado, antes de se romper o cabo de aço?

b) Qual é a aceleração depois do rompimento do cabo de aço?

c) Que distância o carro percorreu na rampa até o momento em que o cabo se rompeu?

Resposta esperada

a) v = 0,2 m/s

(1 ponto)

b) $a = \dfrac{-0,4}{4} = -0,1 m/s$

(2 pontos)

c) $d = v\Delta t = 0,2x25 = 5m$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) Antes do rompimento do cabo de aço o carro é puxado numa velocidade constante de 0,2 m/s.

b) $a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \cdot \frac{V_F - V_0}{t_F - t_0}$ substituindo os valores $\Rightarrow a = \frac{-0,2-(+0,2)}{30-25}$

$\therefore a = \frac{-0,4}{5} = -0,08\ m/s^2$.

c) ~~(gráfico V x Δt~~
~~∴ a distância ≅ área do quadrado)~~

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

$0,2 = \frac{\Delta S}{25}$

$\Delta S = 5\ m$

Exemplo abaixo da média

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

O carro estava sendo puxado a uma velocidade de 2m/s.

b)

c) $V = \frac{\Delta S}{\Delta T} \Rightarrow 2 = \frac{\Delta S}{25} \Rightarrow \Delta S = 50m$

O carro percorreu uma distância de 50 metros.

Questão 2

Até os experimentos de Galileu Galilei, pensava-se que quando um projétil era arremessado, o seu movimento devia-se ao *impetus*, o qual mantinha o projétil em linha reta e com velocidade constante. Quando o *impetus* acabasse, o projétil cairia verticalmente até atingir o chão. Galileu demonstrou que a noção de *impetus* era equivocada. Consideremos que um canhão dispara projéteis com uma velocidade inicial de 100 m/s, fazendo um ângulo de 30º com a horizontal. Dois artilheiros calcularam a trajetória de um projétil: um deles, Simplício, utilizou a noção de *impetus*, o outro, Salviati, as idéias de Galileu. Os dois artilheiros concordavam apenas em uma coisa: o alcance do projétil.

Considere $\sqrt{3} = 1,8$

a) Qual o alcance do projétil?

b) Qual a altura máxima alcançada pelo projétil, segundo os cálculos de Salviati?

c) Qual a altura máxima calculada por Simplício?

Resposta esperada

a) $v_{0x} = 100x\dfrac{\sqrt{3}}{2} = 50\sqrt{3} = 90m/s$

$v_{0y} = 100x\dfrac{1}{2} = 50m/s$

$x = \dfrac{2v_{0x}v_{0y}}{g} = \dfrac{v_o^2 \text{ sen } 2\theta}{g} = \dfrac{2x90x50}{10} = 900m$

(2 pontos)

b) $h_{\max} = \dfrac{v_{0y}^{\ 2}}{2g} = 125m$

(2 pontos)

c) $tg30^0 = \dfrac{h_{simp}}{x} \Rightarrow h_{simp} = 900x0,55 = 495m$

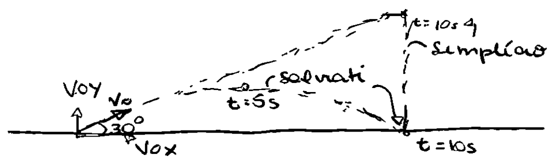
usando o valor exato para a tangente: $h_{simp} = 520m$

usando $tg30^0 = 0,6 \rightarrow h_{simpl} = 540$ m

(1 ponto)

Exemplo acima da média

Dados:
$V_0 = 100m/s$
$\alpha = 30°$



a) $V_{oy} = V_o \cdot \text{sen}30°$
$V_{oy} = 100 \cdot \frac{1}{2}$
$V_{oy} = 50m/s$

Para altura máxima:
$V = V_o + at$ $\quad a = g$
$0 = 50 - 10t$
$t = 5s$

Para alcance máximo $\to (\Delta s)$
$t = 10s \to (2 \cdot 5s)$
$V_{ox} = V_o \cdot \cos 30°$
$V_{ox} = 100 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}$
$\leftarrow V_{ox} = 90m/s$

$V_{ox} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
$90 = \frac{\Delta s}{10} \to \boxed{\Delta s = 900m}$

b) $h_{máx\,1} \to$ Salviati
$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$ $\quad h_0 = 0m$, $t = 5s$
$h_1 = 50 \cdot 5 - \frac{10 \cdot 5^2}{2}$
$h_1 = 250 - 125$
$\boxed{h_1 = 125m}$

c) $h_{máx\,2} \to$ Simplício $\to V_o \to$ cte
$h_0 = 0m$
$t = 10s$
$S = S_0 + vgt$
$h_2 = V_{oy} \cdot t$
$h_2 = 50 \cdot 10$
$\boxed{h_2 = 500 m}$

Exemplo abaixo da média

a-) 30°

$V = V_0 + \gamma t$
$0 = V_y \,\text{sen}30° + \gamma . t$
$0 = 50 - 10t \Rightarrow t = 5s$
$2t = 10s$

$\Delta S = V_0 t'$
$\Delta S = V_x \cdot \cos 30° . t'$
$\Delta S = \frac{180}{2} . 10 \Rightarrow$ [illegible] $\quad \Delta S = 900$ m

b-) 30°, h, 900 $\Rightarrow$ h máxima $\{ tg\, 30° = \frac{h}{900} \Rightarrow$

h máxima $= \cancel{900}^{300} . \frac{1,8}{\cancel{3}} = 180.3 = \boxed{540 \text{ m}}$

$\Delta S = h_{max}$

c-) $\Delta S = V_0 t + \frac{gt^2}{2} \Rightarrow h_{maxima} = 50.5 + \frac{\cancel{10}^{5}.25}{\cancel{2}}$

$h_{maxima} = 250 + 125 = \boxed{375 \text{ m}}$

Comentários

Essa questão introduz, por meio de uma situação hipotética, uma abordagem da evolução de um conceito de Física. A resolução só é possível com uma interpretação cuidadosa do enunciado.

Questão 3

O gotejar (vazamento gota a gota) pode representar situações opostas importantes do cotidiano: desperdício de água de uma torneira pingando ou dosagem precisa de medicamentos. Nos exemplos abordados nessa questão, o fluxo de gotas pode ser considerado constante.

a) Uma torneira goteja a uma razão de 6,0 x 10^3 gotas por hora. Esse vazamento enche um copo de água em 15 min. Estime a massa de cada gota.

b) Os conta-gotas para dosar medicamentos utilizam o fato de que as gotas de soluções aquosas, formadas em bicos com raios pequenos, são mantidas presas ao bico por uma força F = aR, onde a = 0,5 N/m e R é o raio do bico do conta-gotas. A gota cai quando seu peso é maior ou igual a esta força. Para um conta-gotas com R = 0,8 mm, qual é a massa da gota que cai?

c) Uma receita médica prescreve 15 gotas de um medicamento. Qual a quantidade do elemento ativo nessa dose? A dissolução do elemento ativo é de 20 g/l de solução aquosa.

Resposta esperada

a) 1500 gotas / 15 min

volume de um copo entre 150 ml e 500 ml

limites considerados:

V=0,15 l $m = \frac{0,15}{1500} = 10^{-4}\,l \Rightarrow 0,1g$

V=0,50 l $m = \frac{0,30}{1500} = 2.10^{-4}\,l \Rightarrow 0,2g$

(2 pontos)

b) $F = 0,5\frac{N}{m}.0,8.10^{-3}\,m = 0,4.10^{-3}\,N \Rightarrow m_{gota} = 0,4.10^{-4}\,kg = 0,04g$

(2 pontos)

c) 15 gotas = 0,6 g

$20g \rightarrow 1l$

$x \rightarrow 0,6.10^{-3}\,l$

$x = 1,2.10^{-2}\,g$

(1 ponto)

Exemplo acima da média

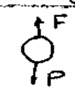
d) Considerando se um copo de 300 mL e a densidade da água como sendo 1g/mL um copo conterá 300 gramas de água.

60 min — 6.10^3 gotas
15 min — x

$x = \frac{15.\cancel{6}.10^3}{60} = 1,5.10^3$ gotas —— 300g
1 gota —— y

$y = \frac{30\cancel{0}}{150\cancel{0}} = \frac{1}{5} = \boxed{\text{0,2 gramas é a massa de uma gota}}$

b) Considerando a gota uma esfera: $\left.\begin{array}{l} F = \alpha . R \\ P = m\,g \end{array}\right\}$ F = P



$m = \frac{\alpha . R}{g} = \frac{0,5.\ 8.10^{-4}}{10} = 4.10^{-5}$ kg

$\boxed{\text{A massa da gota que cai é de } 4.10^{-2} \text{ gramas}}$

c) 1 gota — 4.10^{-2}g
15 gotas — x = 0,6 g

1 L H_2O — 1000 ml = 1000g

1000 g solução — 20g elemento ativo
0,6 g " — y = 12.10^{-4} g

$\boxed{\text{Essa receita prescreve } 1,2.10^{-3} \text{ gramas do elemento ativo}}$

Exemplo abaixo da média

a) $6 \times 10^3 g$ — 60 minutos
x — 15 minutos

$60x = 15 \times 6 \times 10^3$ gotas

$x = \frac{15 \times 6 \times 10^3}{60}$ → $x = \frac{6 \times 10^3 \text{ gotas}}{4}$

são gotas para encher um copo em 15 minutos

b) $F = m.a = F = \alpha R$ e $P = m.g$, a multiplicação da massa pela grandeza tem que coincidir ou igualar-se à força

c) A quantidade de elemento ativo nessa dose é proporcional à quantidade massa/~~[illegible]~~ massa, a massa do elemento ativo para a massa do componente total

Comentários

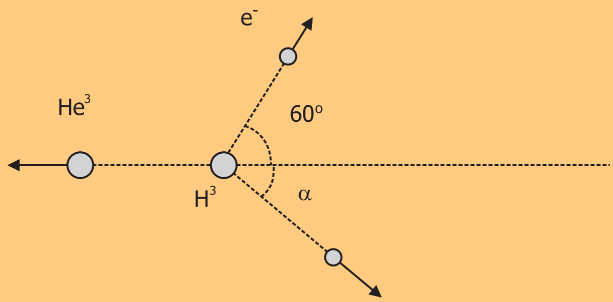
Essa questão buscou avaliar a capacidade do candidato em estabelecer relações entre quantidades físicas do cotidiano com conceitos físicos.

Questão 4

A existência do neutrino e do anti-neutrino foi proposta em 1930 por Wolfgang Pauli, que aplicou as leis de conservação de quantidade de movimento e energia ao processo de desintegração β. O esquema abaixo ilustra esse processo para um núcleo de trítio, H^3 (um isótopo do hidrogênio), que se transforma em um núcleo de hélio, He^3, mais um elétron, e^-, e um anti-neutrino, $\overline{V}$. O núcleo de trítio encontra-se inicialmente em repouso. Após a desintegração, o núcleo de hélio possui uma quantidade de movimento com módulo de 12×10^{-24} kg m/s e o elétron sai em uma trajetória fazendo um ângulo de 60º com o eixo horizontal e uma quantidade de movimento de módulo $6{,}0 \times 10^{-24}$ kg m/s.

a) O ângulo α que a trajetória do anti-neutrino faz com o eixo horizontal é de 30º. Determine o módulo da quantidade de movimento do anti-neutrino.

b) Qual é a velocidade do núcleo de hélio após a desintegração? A massa do núcleo de hélio é $5{,}0 \times 10^{-27}$ kg.



Resposta esperada

a) $Q_{final} = Q_{inicial}$

$$Q_{He^3} = 0{,}5.Q_{e^-} + \frac{\sqrt{3}}{2} Q_v$$

$$Q_v = 6\sqrt{3}.10^{-24} \approx 10.10^{-24}\, kg\, ^{m}/_{s}$$

(3 pontos)

b) $v_{He} = \frac{Q_{He}}{m_{He}}$

$$v_{He} = 2400\, ^{m}/_{s}$$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

(A) $Q_1 = Q_f$

$m_T \cdot \cancel{V_T} = m_1 . V_1 + m_2(V_2) + m_3(V_3)$

$m_1 . V_1 = m_2 . V_2 + m_3 . V_3$

$12 \times 10^{-24} = 6{,}0 \times 10^{-24} . \cos 60° + Q_v . \cos 30°$

$Q_v = 12 . 10^{-24} - 3 . 10^{-24} \therefore \boxed{Q_v = 9{,}0 . 10^{-24} \text{ kg.m/s}}$

(B) $Q = m.V$

$v = \dfrac{12 . 10^{-24}}{5 . 10^{-27}} = 2{,}4 . 10^{3} \text{ m/s} = \boxed{2400 \text{ m/s}}$

Exemplo abaixo da média

$Q_{He} = 12 . 10^{-24} \text{ Kg}$

$Q_{el} = 6 . 10^{-24}$

$Q_v =$

a) $Q_v + Q_{el} = Q_{He}$

$Q_v + 6 . 10^{-24} = 12 . 10^{-24}$

$Q_v = 12 . 10^{-24} - 6 . 10^{-24}$

$Q_v = 6 . 10^{-24} \text{ Kg/m/s}$

b) $Q = m.V$

$V = \dfrac{Q}{m} = \dfrac{12 . 10^{-24}}{5 . 10^{-27}} = 2{,}4 . 10^{-24} . 10^{+27} = 2{,}4 . 10^{3} \text{ m/s}$

Comentários

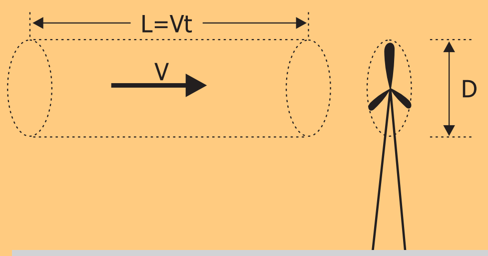
Essa questão é um exemplo de abordagem de um fenômeno de física moderna por meio de conceitos de física clássica do programa de ensino médio.

Questão 5

Um cata-vento utiliza a energia cinética do vento para acionar um gerador elétrico. Para determinar essa energia cinética deve-se calcular a massa de ar contida em um cilindro de diâmetro **D** e comprimento **L**, deslocando-se com a velocidade do vento **V** e passando pelo cata-vento em **t** segundos. Veja a figura abaixo. A densidade do ar é 1,2 kg/m^3, D = 4,0 m e V=10 m/s. Aproxime $\pi \approx 3$.

a) Determine a vazão da massa de ar em kg/s que passa pelo cata-vento.

b) Admitindo que este cata-vento converte 25% da energia cinética do vento em energia elétrica, qual é a potência elétrica gerada?



Resposta esperada

a) massa de ar: $M = \rho\pi \dfrac{D^2}{4} L$

$M = 144.t$ kg

vazão: $\dfrac{M}{t} = 144 \, kg/s$

(2 pontos)

Resposta esperada

b) Energia cinética: $\frac{1}{2}144.t.10^2\,J$

Potência: $0{,}25\frac{E_c}{t} = 1800W$

(3 pontos)

Exemplo acima da média

$L = \frac{10m}{1s} \cdot 10m$

a) $V = \pi . R^2 . L$

$V = 3 . 4 . 10$

$V = 120\,m^3$

$d = \frac{m}{V}$

$1{,}2\,\frac{kg}{m^3} = \frac{m}{120\,m^3}$ $\boxed{m = 144\,kg}$

b) $\frac{25}{100} . E_c = E_e$

$\frac{25}{100} . \frac{mv^2}{2} = P . \Delta t$

$\frac{25}{100} . \frac{144 . 100}{2} = P . 1$

$\boxed{P = 1800\,W}$

Exemplo abaixo da média

MASSA DO AR → $D_{AR} = 1{,}2\,Kg/m^3$

DIÂMETRO = 4m (∴ RAIO = 2m)

v = 10 m/s

[A] PARA 1 seg / ÁREA DO CILINDRO = $2\pi r^2 . L$

AR DENTRO DO CILINDRO DE ÁREA 120m³

VAZÃO SERÁ (PARA 120m³ DE AR 144 kg) ∴ 144 kg/s

[B] $E_c = \frac{m.v^2}{2} \Rightarrow E_c = \frac{\cancel{144}^{72} . 100}{\cancel{2}} = 7200\,J$

$\frac{25}{1\cancel{00}} . 72\cancel{00} = 1800\,J$

$P = \frac{J}{s} \Rightarrow 1800\,kW$

Comentários

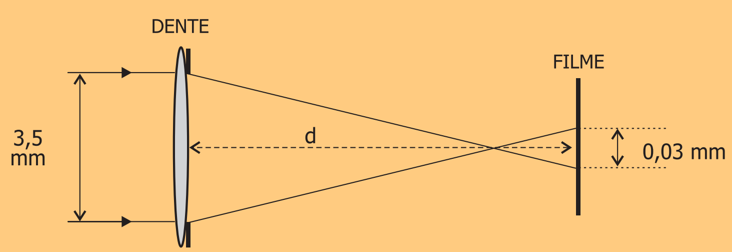
Outro exemplo de utilização de conceitos de física do programa de ensino médio para o entendimento de funcionamento de uma máquina que teve divulgação na mídia em função da recente crise de energia no país.

Questão 6

Em uma máquina fotográfica de foco fixo, a imagem de um ponto no infinito é formada **antes** do filme, conforme ilustra o esquema. No filme, esse ponto está ligeiramente desfocado e sua imagem tem 0,03 mm de diâmetro. Mesmo assim, as cópias ampliadas ainda são nítidas para o olho humano. A abertura para a entrada de luz é de 3,5 mm de diâmetro e a distância focal da lente é de 35 mm.

a) Calcule a distância **d** do filme à lente.

b) A que distância da lente um objeto precisa estar para que sua imagem fique exatamente focalizada no filme?



Resposta esperada

a) $d_o = 0{,}03.\dfrac{35}{3{,}5} = 0{,}3mm$

Alternativa: desenho mostrando a semelhança de triângulos

$$d = f + d_0 = 35{,}3mm$$

(2 pontos)

b) p = distância do objeto

f = distância focal

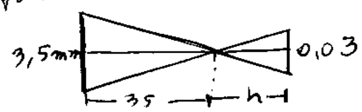
$$\frac{1}{d} + \frac{1}{p} = \frac{1}{f}$$

$$p = \frac{f.d}{d-f} = \frac{35.35{,}3}{0{,}3} = 4118mm \approx 4m$$

(3 pontos)

Exemplo acima da média

a-) Pela figura os raios paralelos ao passarem pela lente convergem em um único ponto. Esse ponto é onde está localizado o foco da lente. Temos



$\frac{3,5}{35} = \frac{0,03}{h}$ (=) $h = 0,3$ mm

logo $d = 35 + h = 35 + 0,3 = \boxed{35,3 \text{ mm}}$

b) $f = 35$

$p' = 35,3$

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

(=) $\frac{1}{35} = \frac{1}{p} + \frac{1}{35,3}$ (=) $p = \frac{35,3 . 35}{70,3} \cong 17,4$ mm

O objeto precisa estar a uma distância de 17,4 mm

Exemplo abaixo da média

(a) 35 mm —— 3,5 mm

x mm —— 0,03 mm

$\boxed{x = 0,3 \text{ mm}}$

(a)

(b) Precisa estar a 35 mm, que é a sua distância focal.

Comentários

Nessa questão foram utilizados valores realísticos para as características da máquina fotográfica.

Questão 7

Um motor de foguete iônico, digno de histórias de ficção científica, equipa uma sonda espacial da NASA e está em operação há mais tempo do que qualquer outro propulsor espacial já construído. O motor iônico funciona expelindo uma corrente de gás eletricamente carregado para produzir um pequeníssimo impulso. Cerca de 103 gramas de xenônio são ejetados por dia com uma velocidade de 108.000 km/h. Após um período muito longo, esse impulso faz a sonda atingir uma velocidade enorme no espaço. Em aproximadamente 200 dias de viagem, a sonda chega a uma velocidade de 4320 km/h, o que é muito mais rápido do que seria possível com uma quantidade similar de combustível de foguete. Aproxime um dia para 9×10^4 s.

a) Que massa de combustível teria sido consumida para atingir 4320 km/h?

b) Qual é a aceleração média da sonda? Considere que a sonda parte do repouso.

c) Qual é a quantidade de movimento do combustível ejetado em 1 s?

Resposta esperada

a) $m_{comb} = 200.0{,}103kg = 20{,}6kg \approx 21kg$

ou 20600 g

(1 ponto)

b) $a = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = (1 ponto)$

$$= \frac{4320}{3{,}6} \cdot \frac{1}{200.9.10^{-4}} = 6{,}7.10^{-5}\ m/_{s^2} = 0{,}9\ Km/_{h^2}$$

(2 pontos)

c) $Q = mv$

$$Q = \frac{0{,}103}{9.10^{+4}} x \frac{108000}{3{,}6} = 0{,}033kg\ m/_{s}$$ = 33gm/s

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) A velocidade de 4320Km/h é atingida em 200 dias de viagem, aproximadamente. Assim:

1 dia —— 103g de xenônio

200 dias —— m, onde m é a massa do combustível

m = 20600 g = 20,6 Kg

b) $a_m = \dfrac{\Delta V}{\Delta t} = \cancel{\dfrac{4320}{200.9.10^4}} = \dfrac{4320}{200.24} = \dfrac{180}{200} = 0{,}9\ Km/h^2$

R: A aceleração média da sonda é de 0,9 Km/h²

c) Como $\vec{Q} = m.\vec{v}$ e $V = 108\,000 Km/h = 30000 m/s$

$9.10^4 s$ —— 103 g de xenônio

1 s —— m → $m = 11{,}4.10^{-4} g = 11{,}4.10^{-7} Kg$

Logo $Q = 11{,}4.10^{-7} . 3.10^4 = 34{,}2.10^{-3} Kg.m/s$

Exemplo abaixo da média

a) 103 g ~> 1 dia
x ~> 200 dias

x = 103 × 200 =
x = 20600 g

R: Teria sido consumido 20,6 Kg de combustível.

b) aceleração = $\dfrac{\Delta V}{\Delta T}$ $\Delta V = 4320 Km/h \rightsquigarrow 15.552 m/s$
$\Delta T = 200.9 \times 10^4 s \rightsquigarrow 18 \times 10^6 s$

$$acel = \frac{15552}{18 \times 10^6} = \frac{15552}{1800 \times 10^4} = 8{,}631 \cdot 10^{-4}\ m/S$$

R: a aceleração é de $8.631 \times 10^{-4} m/s$.

Comentários

Questão motivada por um artigo de divulgação científica veiculado em um órgão de imprensa de circulação nacional.

Questão 8

Os átomos que constituem os sólidos estão ligados entre si por forças interatômicas. O trabalho necessário para arrancar um átomo de uma barra de ouro é de aproximadamente 3,75 eV. Atualmente é possível arrancar do metal um único átomo. Esse átomo desliga-se dos outros, quando é puxado a $4{,}0 \times 10^{-10}$ m acima da superfície da barra. Considere 1 eV $= 1{,}6 \times 10^{-19}$ J.

a) Calcule a força necessária para arrancar um único átomo de ouro da barra.

b) Uma secção transversal da barra de ouro tem aproximadamente $1{,}6 \times 10^{15}$ átomos/cm^2. Calcule a força necessária para romper uma barra de ouro com área transversal de 2 cm^2.

Resposta esperada

a) W = F.d

$$F = \frac{3{,}75.1{,}6.10^{-19}\,J}{4.10^{-10}\,m} = 1{,}5.10^{-9}\,N$$

(2 pontos)

b) Número total de átomos: $2 \times 1{,}6.10^{+15} = 3{,}2.10^{+15}$

$$F_{total} = F.1{,}6.10^{+15}.2{,}0$$

$$F_{total} = 4{,}8.10^{6}\,N$$

(3 pontos)

Exemplo acima da média

a) • Trabalho para arrancar 1 átomo (τ):

• $\tau = 3{,}75\,eV = 3{,}75 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,J$

• $\tau = F \cdot d$

F: força necessária para arrancar 1 átomo ; d = $1{,}0 \times 10^{-10}$ m (distância)

• $F = \frac{\tau}{d} = \frac{3{,}75 \cdot 1{,}6 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 10^{-10}} \Rightarrow \underline{F = 1{,}5 \times 10^{-9}\,N}$

∴ A força necessária é de $1{,}5 \times 10^{-9}$ N.

b) Barra: $1{,}6 \times 10^{15}$ átomos — 1 cm^2 ; n — 2 cm^2 $\Big\}$ $n = 3{,}2 \times 10^{15}$ átomos

Força: 1 átomo — $1{,}5 \times 10^{-9}$ N ; $3{,}2 \times 10^{15}$ átomos — Y $\Big\}$ $Y = 4{,}8 \times 10^{6}$ N

∴ É necessária uma força de $4{,}8 \times 10^{6}$ N para romper tal barra

Exemplo abaixo da média

$\tau = m \cdot g \cdot h$

$8 \times 10^{-19} = m \cdot 10 \cdot 4 \times 10^{-10}$

$8 \times 10^{-19} = 4 \times 10^{-9}\,m$

$m = \frac{8 \times 10^{-19}}{4 \times 10^{-9}}$

$m = 2 \times 10^{-10}$

1 eV — $1{,}6 \times 10^{-19}$

3,75 — x

$x = 1{,}6 \times 10^{-9} \cdot 3{,}75$

$x = 8 \times 10^{-19}$

3,75 × 1,6 = 2250 + 375 = 6000

$-19-(-9)$

$-19+9$

-10

$F = m \cdot a$

$F = 2 \times 10^{-10} \cdot 10$

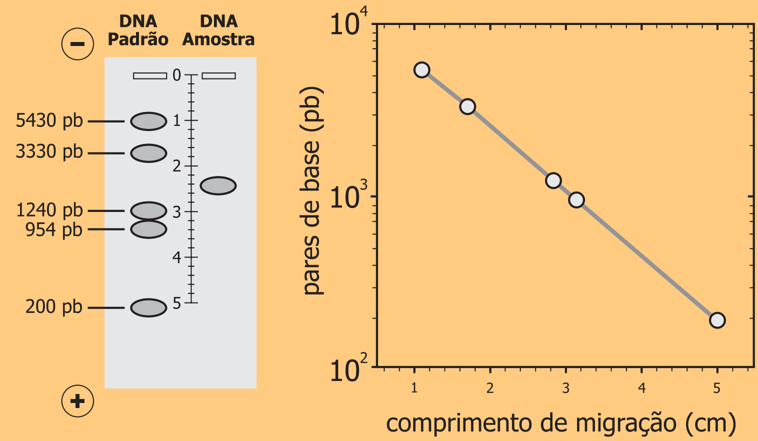
$F = 2 \times 10^{-9}\,N$ (a)

Comentários

A questão traz um tópico de pesquisa de ponta ao contexto do programa de ensino médio de física. Além disso, mostra ser possível nesse nível o estabelecimento de conexões entre um fenômeno macroscópico (quebra de metais) e a origem microscópica do mesmo.

Questão 9

Eletroforese é um método utilizado para separação de macromoléculas biológicas, como, por exemplo, no seqüenciamento do DNA. Numa medida de eletroforese, apresentada na figura da esquerda, compara-se uma amostra desconhecida de DNA com um padrão conhecido. O princípio de funcionamento do método é arrastar os diferentes fragmentos do DNA, com carga elétrica **q**, por meio de um campo elétrico **E** em um meio viscoso. A força de atrito do meio viscoso é f = -av, sendo **v** a velocidade do fragmento de DNA ou de outra macromolécula qualquer. A constante a depende do meio e das dimensões da macromolécula.



a) Qual é a expressão para a velocidade terminal da macromolécula que atravessa o meio viscoso sob a ação do campo elétrico?

b) Sob certas condições, a velocidade terminal depende apenas da massa molecular do fragmento de DNA, que pode ser expressa em número de pares de base (pb). Identifique, pelo gráfico à direita, o número de pares de base da amostra desconhecida de DNA, presente na figura da esquerda.

Resposta esperada

a) $qE = -\alpha V$

$$V = -\frac{qE}{\alpha}$$

(3 pontos)

b) $massa \approx 2000\,pb$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a.) $F_{el} = |q|.E \quad f = -\alpha.V$

$R = 0$

$F_{el} + f = 0$

$|q|.E + (-\alpha V) = 0$

$$\boxed{V = \frac{|q|.E}{\alpha}}$$

b.) Relacionando os dois gráficos, conclui-se que o número de pares de base (pb), da amostra de DNA desconhecida é de 2000 pares.

Exemplo abaixo da média

a) $F_{el} = F_{at}$ ~~pelo Fato~~

$E q = \alpha . v$

$$\boxed{V = \frac{E . q}{\alpha}}$$

b) comprimento de migração — pares de base

$$\frac{5 - 1}{5 - 2{,}2} = \frac{5430 - 200}{x - 200}$$

$$\frac{4}{2{,}8} = \frac{5230}{x - 200} \Rightarrow \boxed{x = 3601 \text{ pb}}$$

Comentários

Questão multidisciplinar mostrando os fundamentos físicos envolvidos no seqüenciamento de DNA.

Questão 10

A corrente elétrica contínua em uma dada linha de transmissão é de 4000 A. Um escoteiro perdido, andando perto da linha de transmissão, tenta se orientar utilizando uma bússola. O campo magnético terrestre é de B_T = 5,0 x 10^{-5} T perto da superfície da Terra. A permeabilidade magnética é m_0 = 4p x 10^{-7} T×m/A.

a) Se a corrente está sendo transmitida no sentido leste para oeste, qual é o sentido do campo magnético gerado pela corrente perto do chão? Justifique sua resposta.

b) A que distância do fio o campo gerado pela corrente terá o módulo igual ao do campo magnético terrestre?

Resposta esperada

a) Norte – Sul

Justificativa: regra da mão direita

(2 pontos)

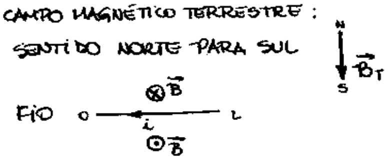
b) $B = \dfrac{\mu_0 I}{2\pi d}$

d = 16 m (para B_T e I = 4000 A)

(3 pontos)

Exemplo acima da média

a) CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE: SENTIDO NORTE PARA SUL



Portanto, bem próximo ao chão, o campo magnético gerado terá sentido de norte para sul.

b) $|\vec{B}| = |\vec{B}_T|$

$$\frac{\mu_0 . i}{2\pi d} = B_T$$

$$\frac{4\pi . 10^{-7} . 4000}{2\pi . d} = 5 . 10^{-5}$$

$$d = \frac{8 . 10^{-4}}{5 . 10^{-5}} \Rightarrow d = 16 \text{ m}$$

a) O campo magnético é perpendicular à corrente, "sai do papel".

Exemplo abaixo da média

b) $\mu_0 = \frac{B \cdot \Delta S}{i} = \frac{5 \cdot 10^{-5} \cdot \Delta S}{4000} = 4\pi \cdot 10^{-7}$

$\Delta S = \frac{16\pi \cdot 10^{-4}}{5 \cdot 10^{-5}} = \frac{16}{5}\pi \cdot 10$

$= \boxed{32\pi \text{ metros}}$

Questão 11

Quando um recipiente aberto contendo um líquido é sujeito a vibrações, observa-se um movimento ondulatório na superfície do líquido. Para pequenos comprimentos de onda λ, a velocidade de propagação **v** de uma onda na superfície livre do líquido está relacionada à tensão superficial σ conforme a equação

$$v = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}$$

onde ρ é a densidade do líquido. Esta equação pode ser utilizada para determinar a tensão superficial induzindo-se na superfície do líquido um movimento ondulatório com uma freqüência **f** conhecida e medindo-se o comprimento de onda λ.

a) Quais são as unidades da tensão superficial σ no Sistema Internacional de Unidades?

b) Determine a tensão superficial da água, sabendo que para uma freqüência de 250 Hz observou-se a formação de ondas superficiais com comprimento de onda λ **=** 2,0 mm. Aproxime $\pi \approx 3$.

Resposta esperada

a) $[\sigma] = [v^2]\,[\rho]\,[\lambda]$

$= (m^2 / s^2).(kg / m^3).\ m$

$[\sigma] = kg / s^2$ ou N / m

(2 pontos)

b) $v = \lambda . f$

$\lambda = 2{,}0.1{,}0^{-3}$ m

$f = 250Hz$

$$2{,}0.10^{-3}.250 = \sqrt{\frac{2.3.\sigma}{1{,}0.10^3.2{,}0.10^{-3}}} = \sqrt{3\sigma}$$

$$\Rightarrow 3\sigma = (5{,}0.10^{-1})^2 \Rightarrow \sigma \approx 0{,}08\ N/m \text{ ou } 0{,}08\ kg/s^2$$

(3 pontos)

Exemplo acima da média

A) $\sigma = \frac{V^2 \cdot \rho \cdot \lambda}{2\pi}$

$V = \sqrt{\frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}}$

$\sigma = \frac{\cancel{m}^2}{s^2} \cdot \frac{kg}{\cancel{m^3}} \cdot \cancel{m}$

$\boxed{\sigma = kg/s^2}$

B) $\sigma = ?$

$F = 250Hz$

$\lambda = 2 \cdot 10^{-3} m$

$V = \lambda \cdot f$

$V = 2 \cdot 10^{-3} \cdot 2{,}5 \cdot 10^2$

$V = 0{,}5 \, m/s$

$\sigma = \frac{V^2 \cdot \rho \cdot \lambda}{2\pi}$

$\sigma = \frac{(5 \cdot 10^{-1})^2 \cdot 1 \cdot \cancel{2} \cdot 10^{-3}}{\cancel{2} \cdot 3}$

$\sigma = \frac{25 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{3}$

$\boxed{\sigma = 8{,}3 \cdot 10^{-5} \, kg/s^2}$

Exemplo abaixo da média

a) volts, watts

b) $V = \sqrt{\frac{2\pi e}{\rho \lambda}}$

$500 = \sqrt{\frac{2 \cdot 3 \, e}{1 \cdot 2}}$

$500 = \sqrt{\frac{6e}{3}}$

$500 = \sqrt{2e}$

$\sqrt{500} = \sqrt{2^2 e^2}$

$2e = \sqrt{500}$

$\boxed{e = \frac{\sqrt{500}}{2}}$

$V = \lambda f$

$V = 2 \cdot 250$

$V = 500$

Comentários

Essa questão visou chamar a atenção para o uso de análise dimensional (uma abordagem simples para problemas complexos) em problemas de física. O conceito de tensão superficial também foi utilizado na questão 3, mas em um outro contexto.

Questão 12

Um aspecto importante no abastecimento de energia elétrica refere-se às perdas na transmissão dessa energia do local de geração para o local de consumo. Uma linha de transmissão de 1000 km apresenta uma resistência típica R = 10 W. A potência consumida na cidade é P_C = 1000 MW.

a) A potência consumida é transmitida pela linha e chega à cidade com uma tensão de 200 kV. Calcule a corrente na linha de transmissão.

b) Calcule a percentagem da potência dissipada na linha, P_D, em relação à potência consumida na cidade, P_C.

c) Quanto maior a tensão na linha de transmissão menores são as perdas em relação à potência consumida. Considerando que a potência consumida na cidade é transmitida com uma tensão de 500 kV, calcule a percentagem de perda.

Resposta esperada

a) $$I = \frac{P_c}{V} = \frac{1000MW}{200kV} = 5kA$$

(1 ponto)

b) $$P = R.I^2 = 250MW$$

Corresponde a 25% de P_c

(2 pontos)

c) $$P_1 = R.I_1^2 = 40MW$$

$$I_1 = \frac{P_c}{V_1} = \frac{1000MW}{500kV} = 2kA$$

Corresponde a 4% de P_c

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) $P_c = 1000 MW = 10^9 W$

$U = 200 kV = 2.10^5 V$

$P_c = U.i$

$10^9 = 2.10^5 i$

$i = \frac{10.10^3}{2} \rightarrow \boxed{i = 5.10^3 A = 5000 A}$

b) $P_D = R i^2$

$P_D = 10.(5.10^3)^2$

$P_D = 25.10^7 W$

$\frac{P_D}{P_c} = \frac{25.10^7}{10^9} \rightarrow \frac{P_D}{P_c} = 25.10^{-2}$

$\boxed{\frac{P_D}{P_c} = 25\%}$

c) $P_c = U'.i$

$10^9 = 5.10^5.i$

$i = 2.10^3 A$

$P_D' = 10.(2.10^3)^2$

$P_D' = 2.10^7 W$

$P_{GERADA} = 1000 + 20$

$P_{GERADA} = 1020 MW$

$P_{PERDIDA} = \frac{P_D'}{P_G}$

$P_{PERDIDA} = \frac{20 MW}{1020 MW}$

$P_{PERDIDA} \cong 2\%$

$$A)\ P = i \cdot U \Rightarrow i = \frac{P}{U} = \frac{1000 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^3} \Rightarrow \boxed{i = 5 \cdot 10^3\ A}$$

Exemplo abaixo da média

$$B)\ Pd = R i^2 = 200 \cdot 10^3 \cdot 25 \cdot 10^6 \Rightarrow Pd = 500 \cdot 10^6\ W$$

$$\% = 50\%$$

c)

Comentários

Exemplo de um problema clássico contextualizado numa situação de interesse geral (importância das perdas nas linhas de transmissão numa época de racionamento de energia).