



UNICAMP

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
COMISSÃO PERMANENTE PARA OS VESTIBULARES

banespa

Grupo Santander Banespa

2004

vestibular nacional
UNICAMP

2^a Fase

Física

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 a partir de um repertório de conhecimento compatível com aquele adquirido por um estudante egresso do Ensino Médio. A exploração dessas conexões entre conceitos físicos contidos no programa de Ensino Médio e situações reais pode contemplar um amplo leque de opções. A elaboração da prova procura, dentro desse leque, propor questões envolvendo situações ligadas à vida cotidiana (questões 8 e 11); problemas relacionados a assuntos veiculados pelos meios de comunicação e de divulgação científica (questão 2); questões envolvendo modelamento simplificado de fenômenos naturais (questão 10) e ligadas à preservação do meio ambiente (questão 9); interpretação de resultados de pesquisas de ponta e de caráter multidisciplinar (questões 6 e 7) e aplicações tecnológicas (questão 12). A prova conteve também uma questão de estimativa (questão 4), com um cálculo de pressão que resulta em um valor surpreendente (160 atm), embora corriqueiro. Além disso, foram propostas questões clássicas de cinemática e estática, contextualizadas em diferentes modalidades esportivas (questões 1, 3 e 5).

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

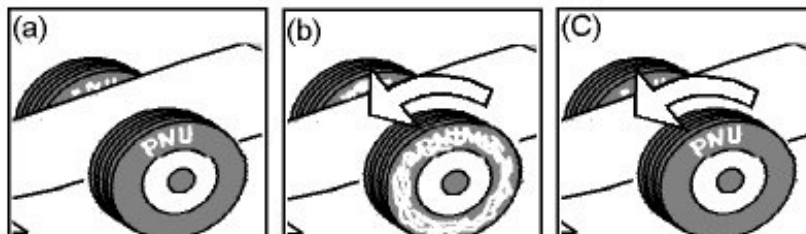
Quanto ao programa, nesse vestibular, foram abordados praticamente todos os temas de física do Ensino Médio: mecânica (cerca de 50% da prova), termologia, eletricidade, óptica e ondulatória. Após a seleção, as questões passam por um trabalho de aprimoramento na descrição dos dados correspondentes à situação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

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 $g = 10 \text{ m/s}^2$ sempre que necessário na resolução dos problemas.

QUESTÃO 1



O quadro (a), acima, refere-se à imagem de televisão de um carro parado, em que podemos distinguir claramente a marca do pneu (“PNU”). Quando o carro está em movimento, a imagem da marca aparece como um borrão em volta de toda a roda, como ilustrado em (b). A marca do pneu volta a ser nítida, mesmo com o carro em movimento, quando este atinge uma determinada velocidade. Essa ilusão de movimento na imagem gravada é devido à frequência de gravação de 30 quadros por segundo (30 Hz). Considerando que o diâmetro do pneu é igual a 0,6 m e $\pi=3,0$, responda:

- a)** Quantas voltas o pneu completa em um segundo, quando a marca filmada pela câmara aparece parada na imagem, mesmo estando o carro em movimento?
- b)** Qual a menor frequência angular ω do pneu em movimento, quando a marca aparece parada?
- c)** Qual a menor velocidade linear (em m/s) que o carro pode ter na figura (c)?

RESPOSTA ESPERADA

a) (1 ponto)

30 voltas (ou múltiplos inteiros de 30).

b) (2 pontos)

$$\omega = 2\pi\nu = 2 \times 3 \times 30 = 180 \text{ rad/s}$$

c) (2 pontos)

$$v = \omega R = 180 \times 0,3 = 54 \text{ m/s}$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

b) $\omega = 2\pi \cdot f$
 $\omega = 2 \cdot 3 \cdot 30$
 $\omega = 180 \text{ rad/s}$

Resposta: A menor frequência angular ω quando a marca aparece parada é de 180 rad/s

~~Resposta: o pneu completa 30 voltas por segundo.~~

c) $v = \omega \cdot r$
 $v = 180 \cdot 0,3$
 $v = 54 \text{ m/s}$

Resposta: A menor velocidade linear que o carro pode ter na figura (c) é de 54 m/s

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

$$\text{A) } T = \frac{1}{f} \quad T = \frac{1}{30} \rightarrow \frac{1}{30} \text{ s} = 1 \text{ volta}$$

$$1 \text{ s} = x$$

$$x = 30 \text{ voltas}$$

QUESTÃO 2 Uma pesquisa publicada no ano passado identifica um novo recordista de salto em altura entre os seres vivos. Trata-se de um inseto, conhecido como Cigarrinha-da-espuma, cujo salto é de 45 cm de altura.

- a) Qual é a velocidade vertical da cigarrinha no início de um salto?
- b) O salto é devido a um impulso rápido de 10^{-3} s. Calcule a aceleração média da cigarrinha, que suporta condições extremas, durante o impulso.

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

$$0 = v_0^2 - 2gh$$

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,45} = \sqrt{9} = 3 \text{ m/s}$$

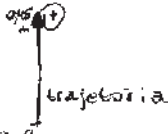
b) (2 pontos)

$$a = \frac{1}{m} \times \frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{v_0}{\Delta t} = 3000 \text{ m/s}^2$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

A) No movimento de subida:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot a \cdot \Delta s \quad v_0^2 = 9,0$$

$$0 = v_0^2 + 2 \cdot (-10) \cdot 45 \cdot 10^{-2} \quad v_0^2 = 9 \text{ m/s}^2$$


R: A velocidade vertical da cigarrinha no início do salto é de 3 m/s, (orientada para cima).

$$\text{B) } a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad a_m = \frac{(3,0 - 0)}{10^{-3}} \quad a_m = 3 \cdot 10^3 \text{ m/s}^2$$

R: A aceleração média da cigarrinha, durante o impulso é de 3 000 m/s².

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

A) A velocidade inicial vertical da cigarrinha é 0 m/s , ou seja, nula.

B) Ao achar o tempo e velocidade final, podemos calcular a aceleração média da cigarrinha. Veja:

$$h = v_0 t + \frac{g t^2}{2} \quad v = v_0 + g t \quad a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$h = 0 + 0 + \frac{g t^2}{2} \quad v = 0 + g \cdot 0,3 \quad a_m = \frac{3}{0,3}$$

$$0,45 \cdot 2 = \frac{g t^2}{2} \quad v = 3 \text{ m/s} \quad a_m = 10 \text{ m/s}^2$$

$$t^2 = \frac{g}{100} \quad (\text{SI}) \quad (\text{SI})$$

$$t = 0,3 \text{ seg.} \quad (\text{SI})$$

COMENTÁRIOS

Questão sobre assunto comentado pela imprensa envolvendo resultados de pesquisa científica atual, apresentando um valor para a aceleração muito maior que g .

QUESTÃO 3

Uma bola de tênis rebatida numa das extremidades da quadra descreve a trajetória representada na figura abaixo, atingindo o chão na outra extremidade da quadra. O comprimento da quadra é de 24 m.

- Calcule o tempo de voo da bola, antes de atingir o chão. Desconsidere a resistência do ar nesse caso.
- Qual é a velocidade horizontal da bola no caso acima?
- Quando a bola é rebatida com efeito, aparece uma força, F_e , vertical, de cima para baixo e igual a 3 vezes o peso da bola. Qual será a velocidade horizontal da bola, rebatida com efeito para uma trajetória idêntica à da figura?



RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

$$x = v_{0x} \cdot \Delta t$$

$$y = y_0 + v_{0y} \Delta t - \frac{1}{2} g (\Delta t)^2$$

$$0 = v_{0y}^2 - 2g\Delta h \rightarrow v_{0y} = \sqrt{2 \times 10 \times 0,3125} = 2,5 \text{ m/s}$$

$$0 = (0,625 + 0,3125) + 2,5 \times \Delta t - 0,5 \times 10 \times (\Delta t)^2$$

$$5(\Delta t)^2 - 2,5\Delta t - 0,9375 = 0 = (\Delta t)^2 - 0,5\Delta t - 0,1875$$

$$\Delta t = \frac{0,5 \pm 1}{2} = 0,75 \text{ s}$$

Solução Alternativa: Tempo para a bola cair da altura de 1,25 m (ponto máximo da trajetória) $\Delta t' = \sqrt{1,25 \times 2/g} = 0,5 \text{ s}$, portanto, tempo para descrever a trajetória da questão $\Delta t = 1,5 \times \Delta t' = 0,75 \text{ s}$.

b) (1 ponto)

$$v_x = \frac{x}{\Delta t} = \frac{24}{0,75} = 32 \text{ m/s}$$

c) (2 pontos)

Trajetória sem efeito:

$$y = y_0 + \frac{v_{0y}}{v_{0x}} x - \frac{g}{2v_{0x}^2} x^2$$

Trajetória com efeito:

$$y = y_0 + \frac{v'_{0y}}{v'_{0x}} x - \frac{4g}{2v_{0x}'^2} x^2$$

,então, para que a trajetória não se altere: $v'_{0x} = 2v_{0x}$ e $v'_{0y} = 2v_{0y}$.

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

tempo de subida:

a) na vertical:

$$x = v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2$$

$$2,5 = 10t$$

$$t = 0,25s$$

\therefore o tempo total de queda foi de:

$$T = 0,75s$$

$x^2 = v_0^2 + 2ayh$
 $v_0^2 = 2 \cdot 10 \cdot 3,125$
 $v_0^2 = 6,25$
 $v_0 = 2,5 \text{ m/s}$

b) A velocidade horizontal (v_x) é constante e dada por:

$$v_x = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_x = \frac{24}{0,75} \Rightarrow v_x = 32 \text{ m/s}$$

c)

$$F = m \cdot a$$

$$47 = m \cdot a$$

$$4 \cdot m \cdot g = m \cdot a$$

$$(a = 40 \text{ m/s}^2)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2u \cdot \Delta s$$

$$v^2 = 2 \cdot 40 \cdot 20$$

$$v = 40 \text{ m/s}$$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) Para θ de $62,5^\circ$ a $93,55^\circ$: Para θ de 125° a 0° :

$$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\Delta s = 0 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$\frac{1}{2} a t^2 = -v_0 t$$

$$t = \frac{2v_0}{a}$$

$$t = 2,5s$$

$s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$
 $24 = 125 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$
 $24 = 125 + v_0 \cdot 2,5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot (2,5)^2$
 $24 = 125 + 2,5 v_0 - 31,25$
 $24 = 93,75 + 2,5 v_0$
 $2,5 v_0 = 24 - 93,75$
 $2,5 v_0 = -69,75$
 $v_0 = -27,9 \text{ m/s}$
 $T = 5s$

b) $s = s_0 + v_0 t$ t vertical = t horizontal para

$$B = U \cdot t$$

$$U = 20 \text{ m/s}$$

A velocidade horizontal da bola é de 20 m/s .

c)

COMENTÁRIOS

Questão clássica sobre trajetória de projéteis, contextualizada em atividade esportiva.

QUESTÃO 4

Uma caneta esferográfica comum pode desenhar um traço contínuo de 3 km de comprimento. A largura desse traço é de 0,5 mm. Considerando $\pi=3,0$, faça o que se pede:

- Estime o volume de tinta numa carga nova de uma caneta esferográfica e, a partir desse valor, calcule a espessura do traço deixado pela caneta sobre o papel.
- Ao escrever, a força que uma caneta exerce sobre o papel é de 3 N. Qual a pressão exercida pela esfera da caneta sobre o papel?

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

$$V_{\text{tinta}} = \pi r^2 \ell = 3 \times (10^{-3})^2 \cdot 0,1 = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3$$

$$V_{\text{traço}} = V_{\text{tinta}} = 3 \cdot 10^3 \times 5 \cdot 10^{-4} e = 3 \cdot 10^{-7}$$

$$e = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 0,2 \mu\text{m}$$

b) (2 pontos)

$$r_{\text{esfera}} \approx 0,25 \text{ mm} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$a_{\text{esfera}} = \pi r_{\text{esfera}}^2 = 3 \times (2,5 \cdot 10^{-4})^2 \approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ m}^2$$

→

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) Suponha que o tubo de conta tenha 1mm de raio e 10cm de altura

$$V_{\text{traço}} = V_{\text{contato}}$$

$$3000 \cdot 0,5 \cdot 10^2 \cdot e = 3 \cdot 10^3$$

$$e \approx 2 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

$$V_{\text{con.}} = \pi R^2 \cdot h$$

$$V_{\text{con.}} = 3 \cdot (10^{-3})^2 \cdot 0,1$$

$$V_{\text{con.}} = 3 \times 10^{-7} \text{ m}^3$$

b) diâmetro da esfera é 0,5 mm → r = 0,25 mm

$$\text{Área de contato da esfera} = \pi \cdot r^2 = 3 \cdot (2,5 \cdot 10^{-4})^2$$

$$A = 1,875 \times 10^{-10} \text{ m}^2$$

$$P = \frac{F}{A} \approx P = \frac{3}{1,8 \times 10^{-10}} \approx P = \frac{3 \cdot 10^{10}}{1,8} \Rightarrow P \approx 1,6 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) Supondo um volume de 15 m^3 e sendo espessura: e

$$\text{largura: } \ell = 0,5 \cdot 10^3 \text{ m} = \ell \cdot e \cdot e$$

$$\text{comprimento: } \ell = 3 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$e = \frac{V}{\ell \cdot \ell}$$

$$e = \frac{15}{0,5 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3} = \frac{10 \text{ m}}{1500}$$

R: A espessura do traço é de 10m

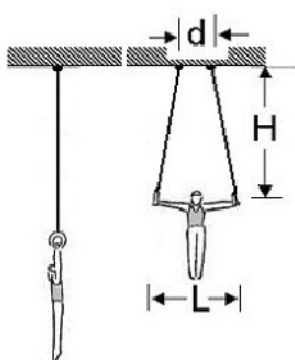
$$b) F = 3 \text{ N} \quad P_{\text{pressão}} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}} = \frac{3}{40 \text{ m}^2} = \frac{3}{4 \cdot 10^2} = \frac{1}{400}$$

$$P_{\text{pressão}} = 0,0025 \text{ atm}$$

COMENTÁRIOS

O exemplo de nota acima da média apresenta um resultado no item **b** diferente do esperado, porém, aceito como correto. Questões envolvendo estimativas levam em conta faixas de valores aceitáveis. O exemplo abaixo da média apresenta um valor para o volume da caneta claramente fora dessa faixa.

QUESTÃO 5



Uma das modalidades de ginástica olímpica é a das argolas. Nessa modalidade, os músculos mais solicitados são os dos braços, que suportam as cargas horizontais, e os da região dorsal, que suportam os esforços verticais. Considerando um atleta cuja massa é de 60 kg e sendo os comprimentos indicados na figura $H=3,0$ m; $L=1,5$ m e $d=0,5$ m, responda:

- a)** Qual a tensão em cada corda quando o atleta se encontra pendurado no início do exercício com os braços na vertical?
- b)** Quando o atleta abre os braços na horizontal, qual a componente horizontal da tensão em cada corda?

RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

$$F_a = \frac{mg}{2} = 300 \text{ N}$$

b) (3 pontos)

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{L-d}{2H} = \frac{T_x}{T_y}$$

$$T_y = \frac{mg}{2} = 300 \text{ N}$$

$$T_x = \frac{(L-d)}{2H} \times \frac{mg}{2} = 50 \text{ N}$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) *Forças em cada corda = peso da atleta*

$P = \text{um } \omega$
 $P = 60 \cdot 10$
 $P = 600 \text{ N}$
 $P = 6 \cdot 10^2 \text{ N}$

Como a resultante é igual a zero:
 $|P| = |T| + |T|$
 $P = T + T$
 $600 = 2T$
 $T = 300 \text{ N}$
 $T = 3,0 \cdot 10^2 \text{ N}$

Resposta: a tensão em cada corda, em um dos exercícios é de $3,0 \cdot 10^2 \text{ N}$.

b)

Componente horizontal da tensão: t_H | Verticalmente: $P = t_V \cdot 2$
 $t_H = T \cos \theta$ | $t_H = \frac{200}{5}$
 $t_H = \frac{t_V}{\tan \theta}$ | $t_H = 50,0 \text{ N}$

$t_V = T \sin \theta$ | $t_V = 400$
 $\frac{t_H}{t_V} = \frac{\cos \theta}{\sin \theta} = \cot \theta = \frac{L-d}{2}$ | $\cot \theta = \frac{3}{4}$
 $\tan \theta = \frac{4}{3}$ | $\tan \theta = 6$

Resposta: 50,0 N

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a)

$P = m \cdot g$
 $P = 60 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2$
 $P = 600 \text{ N}$

$2T = P$
 $2T = 600 \Rightarrow T = 300 \text{ N}$

Resposta: A tensão em cada corda é de 300 N.

b)

$T_H = \text{componente horizontal da tensão em cada corda.}$

COMENTÁRIOS

Questão sobre modalidade olímpica de ginástica envolvendo conceitos de equilíbrio estático e decomposição vetorial.

QUESTÃO 6

O chamado “pára-choque alicate” foi projetado e desenvolvido na Unicamp com o objetivo de minimizar alguns problemas com acidentes. No caso de uma colisão de um carro contra a traseira de um caminhão, a malha de aço de um pára-choque alicate instalado no caminhão prende o carro e o ergue do chão pela plataforma, evitando, assim, o chamado “efeito guilhotina”. Imagine a seguinte situação: um caminhão de 6000 kg está a 54 km/h e o automóvel que o segue, de massa igual a 2000 kg, está a 72 km/h. O automóvel colide contra a malha, subindo na rampa. Após o impacto, os veículos permanecem engatados um ao outro.

- a) Qual a velocidade dos veículos imediatamente após o impacto?
- b) Qual a fração da energia cinética inicial do automóvel que foi transformada em energia potencial gravitacional, sabendo-se que o centro de massa do mesmo subiu 50 cm?

RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

$$P_c = M_c V_c = 9 \cdot 10^4 \text{ kg m/s}$$

$$P_a = M_a V_a = 4 \cdot 10^4 \text{ kg m/s}$$

$$(M_c + M_a) V_f = P_c + P_a = 13 \cdot 10^4 \text{ kg m/s}$$

$$V_f = 16,25 \text{ m/s} = 58,5 \text{ km/h}$$

b) (3 pontos)

$$W = M_a g h = 2 \cdot 10^3 \times 10 \times 0,5 = 10^4 \text{ J}$$

$$K_a = \frac{1}{2} M_a V_a^2 = 4 \cdot 10^5 \text{ J}$$

$$f = \frac{W}{K_a} = \frac{10^4}{4 \cdot 10^5} = 0,025 = 2,5\%$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) Como a resultante externa das forças que atuam no sistema é nula, então o sistema é isolado, então $Q_i = Q_f$
 $M_A V_A + M_B V_B = (M_A + M_B) \cdot V$
 Considerando-se $54 \text{ km/h} = 15 \text{ m/s}$ e $72 \text{ km/h} = 20 \text{ m/s}$
 $6000 \cdot 15 + 2000 \cdot 20 = (6000 + 2000) V$
 $90000 + 40000 = 8000 V \Rightarrow 130 = 8 V \Rightarrow V = 16,5 \text{ m/s}$
 R: A velocidade dos veículos imediatamente após o impacto é de $16,5 \text{ m/s}$.

$$b) E_i = \frac{m v^2}{2} = \frac{2000 \cdot 20^2}{2} = 400000 \text{ J}$$

$$E_{pg} = m g h = 3000 \cdot 10 \cdot 0,5 = 150000 \text{ J}$$

$$\frac{150000}{600000} = 2,5\%$$

R: Foi transformada 2,5% da energia cinética inicial em energia potencial gravitacional.

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

$$b) E = mgh \quad E = 2000 \cdot 10 \cdot 0,5 \quad E = 10 \text{ KJ}$$

R: Energia potencial do

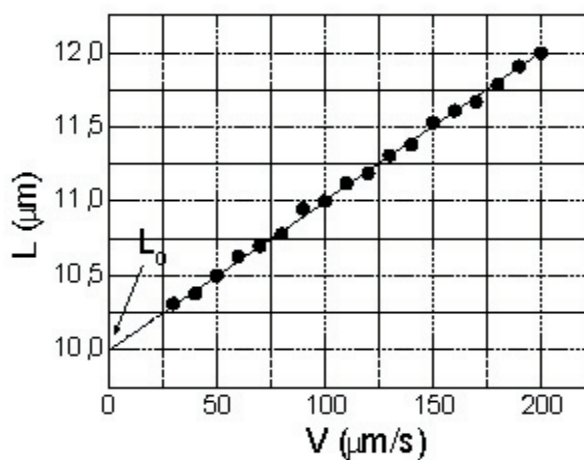
COMENTÁRIOS

Questão sobre tema social envolvendo segurança nas estradas, aplicando conceitos de energia e conservação de quantidade de movimento.

QUESTÃO 7

A elasticidade das hemácias, muito importante para o fluxo sanguíneo, é determinada arrastando-se a hemácia com velocidade constante V através de um líquido. Ao ser arrastada, a força de atrito causada pelo líquido deforma a hemácia, esticando-a, e o seu comprimento pode ser medido através de um microscópio (vide esquema). O gráfico apresenta o comprimento L de uma hemácia para diversas velocidades de arraste V . O comprimento de repouso desta hemácia é $L_0 = 10$ micra.

- a) A força de atrito é dada por $F_{\text{atrito}} = -bV$, com b sendo uma constante. Qual é a dimensão de b , e quais são as suas unidades no SI?
- b) Sendo $b = 1,0 \times 10^{-8}$ em unidades do SI, encontre a força de atrito quando o comprimento da hemácia é de 11 micra.
- c) Supondo que a hemácia seja deformada elasticamente, encontre a constante de mola k , a partir do gráfico.



RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

$$[b] = \frac{[F]}{[V]} = \frac{[M][L][T]^{-2}}{[L][T]^{-1}} = \frac{[M]}{[T]}$$

no SI as unidades de b são kg/s.

b) (1 ponto)

$$F_{\text{atrito}} = 1,0 \cdot 10^{-8} \times 100 \cdot 10^{-6} = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ N}$$

c) (2 pontos)

$$K = \frac{F}{\Delta x} = \frac{10^{-12}}{10^{-6}} = 10^{-6} \text{ N/m}$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) $F_{\text{at}} = -bV$

$$\text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = -b \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$[b] = \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad (\text{SI}) \quad [b] = \text{M} \cdot \text{T}^{-1} \quad (\text{dimensões})$$

b)

$$\begin{aligned} F_{\text{at}} &= -bV \\ F_{\text{at}} &= -(1 \cdot 10^{-8}) \cdot 100 \cdot 10^{-6} \\ F_{\text{at}} &= -1 \cdot 10^{-12} \text{ N} \quad \parallel \text{ (resposta)} \end{aligned}$$

c) $V_{\text{at}} = V_{\text{el}}$

$$F_{\text{at}} = F_{\text{el}}$$

$$-1 \cdot 10^{-12} = K(-1 \cdot 10^{-6})$$

~~Resposta~~

$$K = 10^{-6} \quad \parallel \text{ (resposta)}$$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a- b não possui unidades no SI e é adimensional (não possui dimensão)

$$b. F = -1,0 \times 10^{-3} \cdot 100$$

$$F = -1 \times 10^{-6} \text{ N}$$

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

$$F = K \cdot X$$

$$1 \times 10^{-6} = K \cdot 1 \times 10^{-6}$$

$$K = 1 \text{ N/metro}$$

COMENTÁRIOS

Tema de relevância na área médica abordando pesquisa realizada na Unicamp. O exemplo acima da média não alcançou nota máxima pelo esquecimento das unidades na resposta do item c. Os candidatos devem sempre estar atentos a esse ponto.

QUESTÃO 8

Para resfriar um motor de automóvel, faz-se circular água pelo mesmo. A água entra no motor a uma temperatura de 80°C com vazão de $0,4 \text{ l/s}$, e sai a uma temperatura de 95°C . A água quente é resfriada a 80°C no radiador, voltando em seguida para o motor através de um circuito fechado.

a) Qual é a potência térmica absorvida pela água ao passar pelo motor? Considere o calor específico da água igual a $4200 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ e sua densidade igual a 1000 kg/m^3 .

b) Quando um “aditivo para radiador” é acrescentado à água, o calor específico da solução aumenta para $5250 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$, sem mudança na sua densidade. Caso essa solução a 80°C fosse injetada no motor em lugar da água, e absorvesse a mesma potência térmica, qual seria a sua temperatura na saída do motor?

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{v_m \Delta t C \Delta T}{\Delta t} = v_m C \Delta T$$

$$v = 0,4 \text{ l/s} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow v_m = v \rho = 0,4 \text{ kg/s}$$

$$P = 25,2 \text{ kW}$$

b) (2 pontos)

$$\Delta T' = \frac{P}{C'v_m} = 12^\circ\text{C}$$

Portanto: $T' = 80 + 12 = 92^\circ\text{C}$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) A vazão de 0,4 l/s temos 1 Kg de água (1 l) em 2,5 s. Assim, temos:

$$Q = mc\Delta T$$

$$Q = 1 \cdot 4200 (15) = 63000 \text{ J}$$

$$P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{63000}{2,5} = 25200 \text{ W}$$

$$\text{Potência} = 25200 \text{ W}$$

b) Nessa situação, teríamos:

$$Q = mc\Delta T$$

$$63000 = 1 \cdot 4200 (T_f - 80)$$

$$T_f = 80 + 12$$

$$T_f = 92^\circ\text{C}$$

Essa substância sairia do motor a uma temperatura de 92°C .

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

$$a) Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$Q = 0,4 \text{ Kg} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 15^\circ\text{C}$$

$$Q = 25200 \text{ J}$$

COMENTÁRIOS

Questão clássica de termologia contextualizada. Vale a pena observar o domínio perfeito dos conceitos físicos envolvidos na resolução acima da média. Na resolução abaixo da média, constata-se uma solução parcial com erro de unidade.

QUESTÃO 9

Quando o alumínio é produzido a partir da bauxita, o gasto de energia para produzi-lo é de 15 kWh/kg. Já para o alumínio reciclado a partir de latinhas, o gasto de energia é de apenas 5% do gasto a partir da bauxita.

a) Em uma dada cidade, 50.000 latinhas são recicladas por dia. Quanto de energia elétrica é poupada nessa cidade (em kWh)? Considere que a massa de cada latinha é de 16 g.

b) Um forno de redução de alumínio produz 400 kg do metal, a partir da bauxita, em um período de 10 horas. A cuba eletrolítica desse forno é alimentada com uma tensão de 40 V. Qual a corrente que alimenta a cuba durante a produção? Despreze as perdas.

RESPOSTA ESPERADA

a) (2 pontos)

$$W_B = 15 \text{ kWh/kg}$$

$$W_L = 0,75 \text{ kWh/kg}$$

$$M = 5 \cdot 10^4 \times 0,016 = 800 \text{ kg}$$

$$W_S = (15 - 0,75) \times 800 = 1,14 \cdot 10^4 \text{ kWh}$$

b) (3 pontos)

$$W_E = 400 \times 15 = 6 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

$$P_E = \frac{W_E}{\Delta t} = 6 \cdot 10^2 \text{ kW}$$

$$P_E = U I$$

$$I = 600/40 = 15 \text{ kA}$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) 1 lata = 16g
 50.000 latas = 800kg
 $v = 800.000 \text{ g} = 800 \text{ kg}$

Se for produzido alumínio a partir da bauxita tem-se:
 15 kWh — 1kg
 8000 kg — 12000 kWh

Como o gasto de energia para se obter alumínio através das latinhas tem-se 5% do 5% tem-se:
 5% 12000 = a energia gasta \Rightarrow 5% 12000 = 600 kWh.
 gasta-se 600 kWh para reciclar as latinhas portanto a economia de energia será de: $12000 - 600 = 11400 \text{ kWh}$

b) 15 kWh — 1kg
 $x = 6 \text{ kWh}$

Potência = $\frac{6 \text{ kWh}}{10 \text{ h}} = 0,6 \text{ kW} = 600 \text{ W}$

$P = U \cdot i$
 $600 = 40 \cdot i$
 $i = \frac{600}{40}$
 $i = 15 \text{ A}$

a corrente que alimenta a cuba é de 15 A

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) $\xi = 15 \text{ kWh/Kg}$

$$\frac{5}{100} \cdot 15 = 0,75 \text{ kWh/Kg}$$

$$15 - 0,75 = 14,25 \text{ kWh}$$

$$x = \frac{800000 \cdot 15}{1000} = 12000 \text{ kWh}$$

$$12000 - 11400 = 600 \text{ kWh}$$

São armazenados 600 kWh.

$$y = \frac{800000 \cdot 14,25}{1000} = 8 \cdot 10^2 \cdot 14,25$$

$$y = 11400 \text{ kWh}$$

b) $40 \text{ kg} - 10 \text{ h}$

$$15 \text{ kWh} - \frac{1 \text{ kg}}{4 \text{ kg}} - 4 \text{ h}$$

$$U = R \cdot I$$

$$40 = R \cdot I$$

$$I = \frac{40}{R} \text{ A}$$

COMENTÁRIOS

Questão abordando aspectos ambientais (envolvendo reciclagem) divulgados na mídia.

QUESTÃO 10

Um raio entre uma nuvem e o solo ocorre devido ao acúmulo de carga elétrica na base da nuvem, induzindo uma carga de sinal contrário na região do solo abaixo da nuvem. A base da nuvem está a uma altura de 2 km e sua área é de 200 km^2 . Considere uma área idêntica no solo abaixo da nuvem. A descarga elétrica de um único raio ocorre em 10^{-3} s e apresenta uma corrente de 50 kA. Considerando $\epsilon_0 = 9 \times 10^{-12} \text{ F/m}$, responda:

- Qual é a carga armazenada na base da nuvem no instante anterior ao raio?
- Qual é a capacitância do sistema nuvem-solo nesse instante?
- Qual é a diferença de potencial entre a nuvem e o solo imediatamente antes do raio?

RESPOSTA ESPERADA

a) (1 ponto)

$$Q = I \Delta t = 50 \cdot 10^4 \times 10^{-3} = 50 \text{ C}$$

b) (2 pontos)

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} = 9 \cdot 10^{-12} \frac{2 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^3} = 9 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$

c) (2 pontos)

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{50}{9 \cdot 10^{-7}} = 5,5 \cdot 10^7 \text{ Volts}$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

$$h = 200 \text{ km} = 2 \cdot 10^5 \text{ m} \quad A = 200 \text{ km}^2 = 200 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \quad \Delta t = 10^{-3} \text{ s}$$

$$i = 50 \cdot 10^3 \text{ A}$$

$$b) \quad C = 9 \cdot 10^{-12} \frac{2 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^3} = 9 \cdot 10^{-7} \text{ F}$$

$$a) \quad i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow Q = 50 \text{ C}$$

$$c) \quad Q = C V$$

$$V = \frac{5}{9} \cdot 10^8 \text{ V}$$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

$$a) \quad Q = i t$$

$$Q = 50 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}$$

$$Q = 50 \text{ C}$$

$$b) \quad C = \epsilon_0 \frac{l}{A} \quad C = 9 \cdot 10^{-12} \frac{2000}{200 \cdot 10^6}$$

$$C = 9 \cdot 10^{-17} \text{ F}$$

$$c) \quad C = \frac{Q}{U}$$

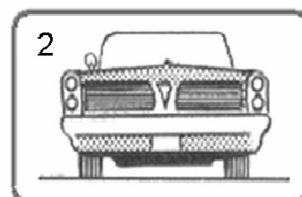
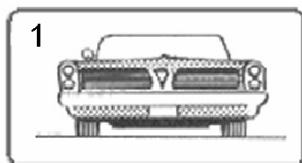
$$9 \cdot 10^{-17} = \frac{50}{U}$$

$$U = 5,6 \cdot 10^{-18} \text{ V}$$

COMENTÁRIOS

Questão clássica sobre capacitores, contextualizada, envolvendo dados reais sobre fenômenos atmosféricos.

QUESTÃO 11



Em alguns carros é comum que o espelho retrovisor modifique a altura aparente do carro que vem atrás. As imagens abaixo são vistas pelo motorista em um retrovisor curvo (Fig. 1) e em um retrovisor plano (Fig. 2).

a) Qual é (qualitativamente) a curvatura do retrovisor da Fig. 1?

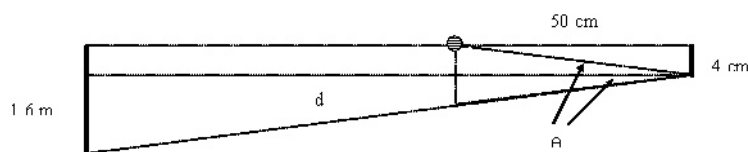
b) A que distância o carro detrás se encontra, quando a sua imagem vista pelo motorista ocupa todo o espelho plano (Fig. 2), cuja altura é de 4,0 cm? Considere que a altura real do carro seja de 1,6 m e que o teto do carro, o olho do motorista (situado a 50 cm do retrovisor) e o topo da imagem no espelho estejam alinhados horizontalmente.

RESPOSTA ESPERADA

a) (1 ponto)

Convexo

b) (4 pontos)

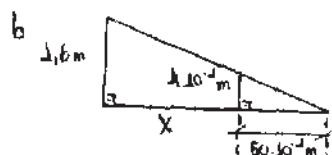


$$\text{tg } \theta = \frac{4}{50} = 0,08$$

$$d = \frac{1,56}{\text{tg } \theta} \cong \frac{1,56}{0,08} = 19,5 \text{ m}$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

a) É um retrovisor que possui um espelho convexo.



Por semelhança de triângulos temos:

$$\frac{1,6}{x + 5 \cdot 10^{-1}} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-1}} \Rightarrow x + 5 \cdot 10^{-1} = \frac{1,6 \cdot 0,5}{4 \cdot 10^{-2}} = \frac{4 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}} = 20$$

$$x = 20 - 0,5 = 19,5 \text{ m}$$

○ carro de trás se encontra a uma distância de 19,5 m.

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

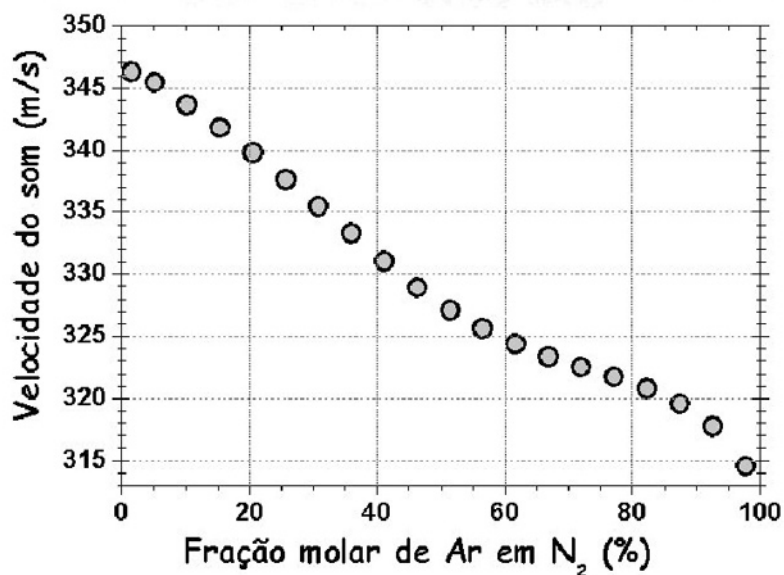
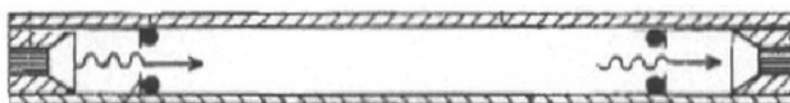
- a) É um espelho convexo.
b)

COMENTÁRIOS

Questão de óptica geométrica contextualizada, referindo-se ao espelho retrovisor interno.

QUESTÃO 12

Uma das formas de se controlar misturas de gases de maneira rápida, sem precisar retirar amostras, é medir a variação da velocidade do som no interior desses gases. Uma onda sonora com frequência de 800 kHz é enviada de um emissor a um receptor (vide esquema), sendo então medida eletronicamente sua velocidade de propagação em uma mistura gasosa. O gráfico abaixo apresenta a velocidade do som para uma mistura de argônio e nitrogênio em função da fração molar de Ar em N_2 .



- a) Qual o comprimento de onda da onda sonora no N_2 puro?
- b) Qual o tempo para a onda sonora atravessar um tubo de 10 cm de comprimento contendo uma mistura com uma fração molar de Ar de 60% ?

RESPOSTA ESPERADA

a) (3 pontos)

$$v = \lambda f \quad \rightarrow \quad \lambda = v/f = 346/8.10^5 = 4,3.10^{-4} \text{ m}$$

b) (2 pontos)

$$\Delta t = \frac{L}{v_{60}} = \frac{0,1}{325} = 3,1.10^{-4} \text{ s}$$

EXEMPLO ACIMA DA MÉDIA

$$\begin{aligned} \text{a) } v &= \lambda f \\ \lambda &= 346,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot \frac{1 \text{ s}}{800000} = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ m} \\ \text{R: } \lambda &= 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ m} // \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) } 325 \text{ m/s} &= v \\ 325 \text{ m} &- \Delta s \\ 0,1 \text{ m} &- x s \\ x &= \frac{0,1}{325} = \frac{1}{3250} \text{ s} \end{aligned}$$

$$\text{R: } \Delta t = \frac{1}{3250} \text{ s} //$$

EXEMPLO ABAIXO DA MÉDIA

a) O comprimento de onda da onda sonora do N_2 puro, pelo gráfico, é igual a $\approx 347 \text{ m/s}$

$$f = \frac{1}{T} \rightarrow 800 = \frac{1}{T} \rightarrow T = \frac{1}{800}$$

COMENTÁRIOS

Questão contextualizada ilustrando a utilização de conceitos de ondulatória em soluções tecnológicas reais.