Caderno de Questões

UNICAMP 2002

vestibular nacional

A Unicamp comenta suas provas

banespa Universidades

UNICAMP
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
COMISSÃO PERMANENTE
PARA OS VESTIBULARES

Física

UNICAMP
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
COMISSÃO PERMANENTE PARA OS VESTIBULARES

banespa
Universidades

A prova

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 (preferencialmente ligadas à vida cotidiana do candidato) e conceitos básicos da Ciência Física, muitas vezes percebidos como um conjunto desconexo de equações abstratas e fórmulas inacessíveis. Pelo contrário, o sucesso de um 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 banca elaboradora apresenta inúmeras propostas de questões e as seleciona tendo em vista o equilíbrio entre as 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 se resolvê-las, da perfeição de linguagem, da adequação ao programa, etc. 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 algum 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 $g = 10\ m/s^2$ sempre que necessário na resolução dos problemas.

Questão 1

Uma atração que está se tornando muito popular nos parques de diversão consiste em uma plataforma que despenca, a partir do repouso, em queda livre de uma altura de 75 m. Quando a plataforma se encontra 30 m acima do solo, ela passa a ser freada por uma força constante e atinge o repouso quando chega ao solo.

a) Qual é o valor absoluto da aceleração da plataforma durante a queda livre?
b) Qual é a velocidade da plataforma quando o freio é acionado?
c) Qual é o valor da aceleração necessária para imobilizar a plataforma?

Resposta esperada

a) $|a| = |g| - 10 m/s^2$

(1 ponto)

b) $v^2 = v_0^2 + 2g(h - h') = 0 + 2 x 10 x (75 - 30) = 900$

$v = 30\ m/s$

(2 pontos)

c) $v^2 = v_0^2 + 2ah$

$0 = 900 + 2a x 30$

$a = -15\ m/s^2$

(2 pontos)

Comentários

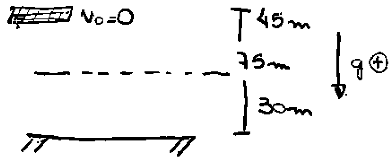
Os ítens **b** e **c** podem ser resolvidos usando:

$$S = S_0 + V_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$V = V_0 + at$

bem como por conservação de energia.

Exemplo acima da média



$v = v_0 + gt$

$S = S_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$

$v^2 = v_0^2 + 2g\Delta S$

b) $v^2 = \cancel{v_0^2} + 2g \cdot \Delta S$

$v^2 = 2.10.45$

$v = \sqrt{900} = \boxed{30 m/s}$

c) $\cancel{v^2} = v_0^2 + 2g\Delta S$

$0 = 900 + 2.30.a$

$a = \frac{90\cancel{0}}{6\cancel{0}} \rightarrow \frac{30}{2} = \boxed{-15 m/s^2}$

a) $v^2 = \cancel{v_0^2} + 2g \cdot \Delta S$

$900 = 2.75.a$

$a = \frac{90\cancel{0}}{15\cancel{0}} = \frac{30}{5} = \boxed{6 m/s^2}$

Exemplo abaixo da média

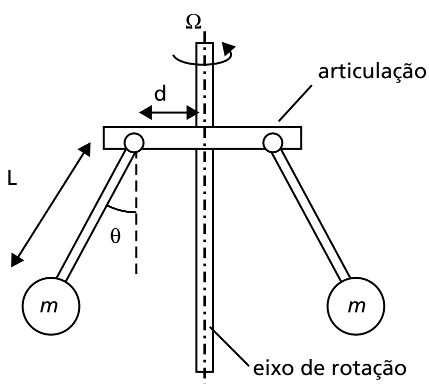
a) O aceleração é a própria grandeza que é $10 m/s^2$.

b)

c)

Questão 2

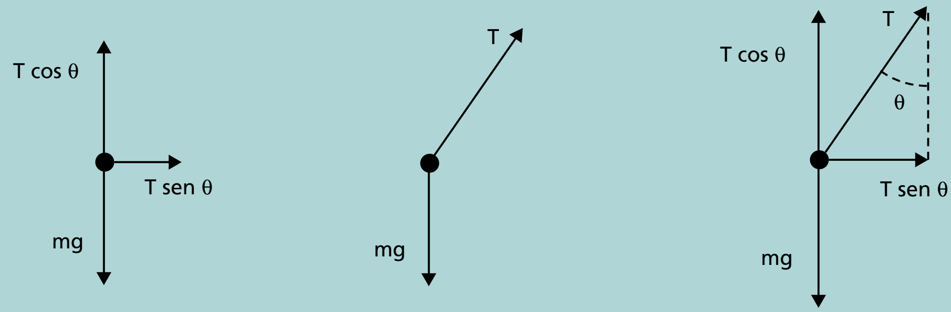
As máquinas a vapor, que foram importantíssimas na Revolução Industrial, costumavam ter um engenhoso regulador da sua velocidade de rotação, como é mostrado esquematicamente na figura abaixo. As duas massas afastavam-se do eixo devido ao movimento angular e acionavam um dispositivo regulador da entrada de vapor, controlando assim a velocidade de rotação, sempre que o ângulo θ atingia 30°. Considere hastes de massa desprezível e comprimento L = 0,2 m, com massas m = 0,18 kg em suas pontas, d = 0,1 m e aproxime $\sqrt{3} \cong 1,8$.



a) Faça um diagrama indicando as forças que atuam sobre uma das massas *m*.
b) Calcule a velocidade angular Ω para a qual θ = 30°.

Resposta esperada

a)



(2 pontos)

b) $\sum F_y = 0 \Rightarrow T\cos\theta = mg$

$$\sum F_c = m\omega^2 r \Rightarrow T\operatorname{sen}\theta = m\omega^2(d + L\operatorname{sen}\theta)$$

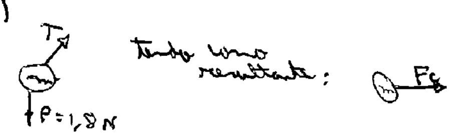
$$tg30° = \frac{m\omega^2(d + L/2)}{mg}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cdot tg30°}{d + L/2}} = \sqrt{\frac{10x1,8}{3x0,2}} = \sqrt{30}\,rad/s = 5,5\,rad/s$$

(3 pontos)

Exemplo acima da média

a)



Tendo como resultante:

b) a resultante é a força centrípeta:

$Fc = \frac{m v^2}{R} \Rightarrow 1 = \frac{0,18 v^2}{0,2}$ $\quad tg 30° = \frac{\sqrt{3}}{3}$

$V = \frac{\sqrt{10}}{3}$ m/s $\quad \frac{Fc}{P} = \frac{\sqrt{3}}{3}$

$sen 30° = \frac{1}{2}$ $\quad Fc = \frac{1,8}{3}$ $\quad V = W \cdot R$

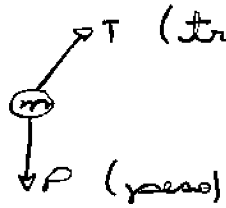
$\frac{x}{0,2} = \frac{1}{2}$ $\quad Fc = 1\,N$ $\quad W = \frac{0,2}{\frac{\sqrt{10}}{3}}$

$R = 0,2\,m$ $\quad x = 0,1\,m$ $\quad W = \frac{3 \cdot \sqrt{10}}{50}$ rad

R: Velocidade angular $\Omega = \frac{3 \cdot \sqrt{10}}{50}$ rad.

Exemplo abaixo da média

a)



(tração exercida pela haste)

(peso)

Que altura é possível atingir em um salto com vara? Essa pergunta retorna sempre que ocorre um grande evento esportivo como os jogos olímpicos do ano passado em Sydney. No salto com vara, um atleta converte sua energia cinética obtida na corrida em energia potencial elástica (flexão da vara), que por sua vez se converte em energia potencial gravitacional. Imagine um atleta com massa de 80 kg que atinge uma velocidade horizontal de 10 m/s no instante em que a vara começa a ser flexionada para o salto.

a) Qual é a máxima variação possível da altura do centro de massa do atleta, supondo que, ao transpor a barra, sua velocidade é praticamente nula?

b) Considerando que o atleta inicia o salto em pé e ultrapassa a barra com o corpo na horizontal, devemos somar a altura do centro de massa do atleta à altura obtida no item anterior para obtermos o limite de altura de um salto. Faça uma estimativa desse limite para um atleta de 2,0 m de altura.

c) Um atleta com os mesmos 2,0 m de altura e massa de 60 kg poderia saltar mais alto? Justifique sua resposta.

Resposta esperada

a) $\frac{1}{2}mv_0^2 = mgh + \frac{1}{2}mv^2$

a variação da altura é máxima quando:

$$v \approx 0 \Rightarrow h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{100}{20} = 5,0\,m$$

(2 pontos)

b) como $h_{cm} \approx 1,2\,m \Rightarrow h' = 5,0 + 1,2 \approx 6,2\,m$

(2 pontos)

c) O resultado independe da massa
(1 ponto)

Exemplo acima da média

a) $E_c = \frac{mV^2}{2} = \frac{80 \cdot 10^2}{2} = 4000J \rightarrow E_p = m \cdot g \cdot h \Rightarrow 4000 = 80 \cdot 10h$

$\Rightarrow h = 5m$

b) 2,0m DE ALTURA ⇒ CENTRO DE MASSA ≅ 1m DE ALTURA

R: LIMITE ⇒ 5+1=6m

c) SIM, SE A VELOCIDADE FOSSE MAIOR QUE 12m/s APROXIMADAMENTE. SÓ COM UMA ENERGIA MAIOR QUE 4000 J, O ATLETA MAIS LEVE PODERIA SALTAR MAIS ALTO

Exemplo abaixo da média

a) $E_c = E_{pg}$

$\frac{\cancel{m}V^2}{2} = \cancel{m}gh$

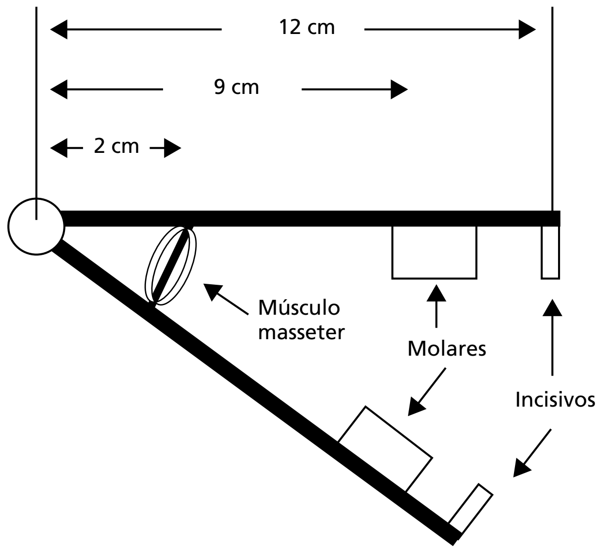
$\frac{100}{2} = 10h$

$\boxed{h = 5m}$

b) $h = 5 + 2 = \boxed{7m}$

Questão 4

Milênios de evolução dotaram a espécie humana de uma estrutura dentária capaz de mastigar alimentos de forma eficiente. Os dentes da frente (incisivos) têm como função principal cortar, enquanto os de trás (molares) são especializados em triturar. Cada tipo de dente exerce sua função aplicando distintas pressões sobre os alimentos. Considere o desenho abaixo, que representa esquematicamente a estrutura maxilar. A força máxima exercida pelo músculo masseter em uma mordida é de 1800 N.



a) Determine as forças máximas exercidas pelos dentes incisivos ao cortar os alimentos e pelos molares ao triturar os alimentos.

b) Estime a área dos dentes molares e incisivos e calcule a pressão aplicada sobre os alimentos. Considere planos os dentes, conforme indicado na figura.

Resposta esperada

a) $\sum T_0 = 0 \Rightarrow F \cdot 2 - F_{molar} \cdot 9 = 0 \Rightarrow F_{molar} = \dfrac{2 \cdot F}{9} = \dfrac{3600}{9} = 400\,N$

$\sum T_0 = 0 \Rightarrow F \cdot 2 - F_{incisivo} \cdot 12 = 0 \Rightarrow F_{incisivo} = \dfrac{2 \cdot F}{12} = \dfrac{3600}{12} = 300\,N$

(3 pontos)

b) Área do molar $\sim 1\ cm^2$

Área do incisivo $\sim 0,2\ cm^2$

$P_{molar} = \dfrac{F_{molar}}{1x10^{-4}} = 4,0x10^6 N/m^2$

$P_{incisivo} = \dfrac{F_{incisivo}}{0,2x10^{-4}} = 15x10^6 N/m^2$

(2 pontos)

Comentários

Questões de Física que exigem uma estimativa são comuns no Vestibular Nacional da Unicamp. Elas induzem o candidato a refletir sobre a realidade física do mundo que o cerca.

Exemplo acima da média

a). Força máxima exercida pelos incisivos:

$\Sigma MR(o) = 0 \Rightarrow 2 \cdot 1800 = 12 F_1 \Leftrightarrow \underline{F_1 = 300N}$

Força máxima exercida pelos molares:

$MR(o) = 0 \Rightarrow 2 \cdot 1800 = 9 \cdot F_2 \Leftrightarrow \underline{F_2 = 400N}$

b). Área dos incisivos $A_1 = 0{,}1 cm^2 = 1 \cdot 10^{-5} m^2$

Área dos molares $A_2 = 0{,}5 cm^3 = 5 \cdot 10^{-5} m^2$

Pressão dos incisivos $P_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{300}{10^{-5}} = 3 \cdot 10^7 \frac{N}{m^2}$

Pressão dos molares $P_2 = \frac{F_2}{A_2} = \frac{400}{5 \cdot 10^{-5}} = 8 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2}$

Exemplo abaixo da média

a) $\Sigma M_{molares} = 0$ M músculo = M incisivo

$F \cdot d = F \cdot d \Rightarrow 1800 \cdot 7 = F \cdot 3$

$F = \frac{\cancel{1800}^{6} \cdot 7}{\cancel{3}}$ $\boxed{F = 4200N}$

ΣM incisivos $= 0$ M músculo = M molares

$F \cdot d = F d \Rightarrow 1800 \cdot 10 = F \cdot 3$

$F = \frac{\cancel{1800}^{6} \cdot 10}{\cancel{3}}$ $\boxed{F = 6000 N}$ Resp: a força máxima dos dentes incisivos e molares são respectivamente 4200N e 6000N

b) Supondo a área do incisivo igual a 0,2cm² e a dos molares igual a 1,0cm²: $P = \frac{F}{A}$ $P_i = \frac{4200}{0{,}2 \cdot 10^{-4}} = 21000 \cdot 10^4 N/m^2$

$P_m = \frac{F}{A} = \frac{6000}{1 \cdot 10^{-4}} = 6000 \cdot 10^4 N/m^2$

Resp: A pressão dos incisivos é de $21 \cdot 10^7 N/m^2$ e dos molares é de $6 \cdot 10^7 N/m^2$

Questão 5

Recentemente, a imprensa noticiou que um pára-quedista pretende superar a velocidade do som (340 m/s) durante a queda livre, antes da abertura do pára-quedas. Para tanto, ele deverá saltar de um balão a uma grande altitude. A velocidade limite (máxima) de queda livre é dada por $V_{max} = \frac{80}{\sqrt{\rho}}$ m/s m/s, onde ρ é a densidade do ar em kg/m³ e essa velocidade é atingida em menos de 5 km de queda. Resolva os itens **a** e **b**, utilizando os dados da tabela abaixo:

Altitude	Densidade (kg/m³)
10000	0,36
15000	0,25
20000	0,09
25000	0,04
30000	0,02

a) Qual é o intervalo que contém a altitude mínima, a partir da qual o pára-quedista deverá saltar para que a velocidade do som seja ultrapassada durante a queda livre?

b) O volume do balão em altitude é de 10.000 m^3 e sua massa total é 200 kg. Qual a máxima altitude que ele pode atingir?

Resposta esperada

a) $V_{max} = \frac{80}{\sqrt{\rho}}$ m/s $\Rightarrow \rho = \frac{80^2}{340^2} = \frac{64}{1156} = 0,055$

$h_{min} = 23 \cdot 10^3$ m (aproximadamente) + 5000 m = 28.000 m

$\rho = 0,055$

(3 pontos)

b) $\rho = \frac{m}{V} = \frac{200}{10000} = 0,02$

$h_{max} = 30.000$ m

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) $340 \text{ m/s} = \frac{80}{\sqrt{\rho}} \rightarrow \sqrt{\rho} = 0,235$

$\rho \cong 0,05$

O pára-quedista deverá saltar entre 20000 e 25000 m de altitude.

b) $\rho_{balão} = \frac{200}{10000} = 0,02$ kg/m³

→ A densidade do balão deve ser menor ou igual a do ar, portanto a altura máxima deve ser de 30000 m.

Exemplo abaixo da média

a) Para que a velocidade mínima seja a do som, ρ é encontrado por: $\frac{\cancel{340}}{17} = \frac{^{4}\cancel{80}}{\sqrt{\rho}} \Leftrightarrow \sqrt{\rho} = \frac{4}{17} \Leftrightarrow \sqrt{\rho} \approx 0,250 \Leftrightarrow$ $\rho \approx 0,0625$.

O intervalo que contém a altura mínima é o de 20000 m a 25000 m.

b) A máxima altitude ocorre quando a massa do gás que enche o balão se iguala à massa total, e isso ocorre de acordo com a tabela, a 30000 m de altitude.

~~ta~~. $d = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = d \cdot V \Leftrightarrow \cancel{d = 10^{?} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = m = 10^5 \cdot 2 \cdot 10^{-2}$

$2 \cdot 10^3$ kg.

Questão 6

Acredita-se que a extinção dos dinossauros tenha sido causada por uma nuvem de pó levantada pela colisão de um asteróide com a Terra. Esta nuvem de pó teria bloqueado a ação do Sol. Estima-se que a energia liberada pelo impacto do asteróide tenha sido de 10^8 megatons, equivalente a 10^{23} J. Considere a massa do asteróide $m = 8{,}0 \times 10^{15}$ kg e a massa da Terra $M = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg.

a) Determine a velocidade do asteróide imediatamente antes da colisão.

b) Determine a velocidade de recuo da Terra imediatamente após a colisão, supondo que o asteróide tenha ficado encravado nela.

Resposta esperada

$E = 10^8$ megatons $= 10^{23}$ J

$M = 6{,}0 \times 10^{24}$ kg ; $m = 8{,}0 \times 10^{15}$ kg

Conservação de energia total:

$$\frac{1}{2} m v^2_{asteróide} = \frac{1}{2}(m + M)V^2_{recuo} + 10^{23}\,J$$

Conservação do momento linear:

$$V_{recuo} = \frac{m}{m+M} v_{asteróide}$$

a) $$\frac{1}{2} m v^2_{asteróide} = \frac{1}{2}\left(\frac{m}{m+M}\right) m v^2_{asteróide} + E_{liberada} \xrightarrow{\text{m desprezível}} \frac{1}{2} m v^2_{asteróide} = 10^{23}\,J$$

$$\Rightarrow v^2 = \frac{2 \times 10^{23}}{8 \times 10^{15}} = 0{,}25 \times 10^8 \therefore v = 5000\,m/s$$

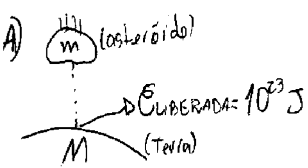
(3 pontos)

b) $$V_{recuo} = \frac{m}{m+M} v_{asteróide} \approx \frac{m}{M} v_{asteróide} = \frac{8 \times 10^{15} \times 5000}{6 \times 10^{24}} = \frac{20 \times 10^{-6}}{3} = 6{,}7 \times 10^{-6}\,m/s \therefore V_{recuo} \approx 0$$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

A)



• $m = 8{,}0 \times 10^{15}$ Kg

$\mathcal{E}_{LIB} = \frac{mV^2}{2} \Rightarrow 10^{23} = \frac{8{,}0 \times 10^{15} \cdot V^2}{2}$; (SI)

$V^2 = \frac{2 \cdot 10^{23}}{8{,}0 \cdot 10^{15}} \Rightarrow V^2 = 0{,}25 \times 10^8$

$V = \sqrt{25 \times 10^6} = \boxed{5 \times 10^3\,m/s}$

Resposta

B) - Considerando o sist. conservativo
- Choque perfeitamente inelástico

$\vec{Q}^{APÓS}_{SIST} = \vec{Q}^{ANTES}_{SIST}$

• $V = 5 \times 10^3$ m/s
• $m = 8{,}0 \times 10^{15}$ Kg
• $M = 6{,}0 \times 10^{24}$ Kg
• V' = (velocidade de recuo do sistema)

$mV' + MV' = mV$ (SI) $\Rightarrow 8{,}0 \cdot \cancel{10^{15}} \cdot V' + 6 \cdot 10^{24} \cdot V' = 8 \cdot \cancel{10^{15}} \times 5 \cdot 10^3$

$\cancel{V'(m+M) = mV \Rightarrow}$

$\cancel{V'(8{,}0 \times 10^{15} + 6{,}0 \times 10^{24}) = 8{,}0 \times 10^{15} \cdot 5{,}0 \times 10^{3}}$

$\Rightarrow V' + 6V' = \frac{5 \times 10^3}{10^{24}} \Rightarrow 7V' = 5 \times 10^{-21}$

$V' = 0{,}7 \times 10^{-21} = \boxed{7 \times 10^{-22}\,m/s}$

RESPOSTA

Exemplo abaixo da média

a) $Q = mV$

$1.10^{23} = 8.10^{15}\, V \rightarrow V = \frac{1}{8} . 10^{8}$

$V = 0{,}125 . 10^{8} \rightarrow \boxed{V = 1{,}25 . 10^{7}\, m/s}$

b) $Q_{Antes} = Q_{Depois}$

$mV' = (m_{AST} + m_{TER.})V''$

$1.10^{23} = (8.10^{15} + 6000000000.10^{15})V$

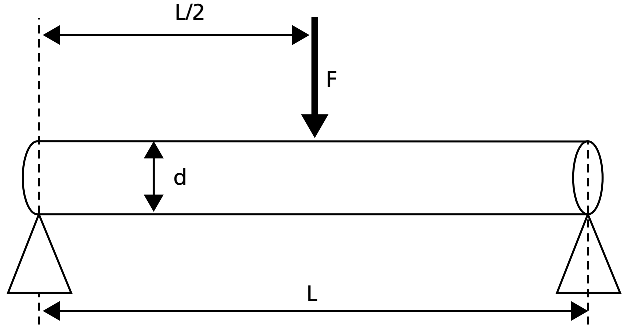
$1.10^{23} = 6000000008 . 10^{15}\, V$

$V \cong \frac{1.10^{23}}{6.10^{24}}$ $V = 0{,}166.10^{-1}$

$\boxed{V = 1{,}66.10^{-2}\, m/s}$

Questão 7

Além de suas contribuições fundamentais à Física, Galileu é considerado também o pai da Resistência dos Materiais, ciência muito usada em engenharia, que estuda o comportamento de materiais sob esforço. Galileu propôs empiricamente que uma viga cilíndrica de diâmetro *d* e comprimento (vão livre) *L*, apoiada nas extremidades, como na figura abaixo, rompe-se ao ser submetida a uma força vertical *F*, aplicada em seu centro, dada por $F = \sigma \frac{d^3}{L}$ onde σ é a tensão de ruptura característica do material do qual a viga é feita. Seja γ o peso específico (peso por unidade de volume) do material da viga.



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

b) Encontre a expressão para o peso total da viga em termos de γ, *d* e *L*.

c) Suponha que uma viga de diâmetro d_1 se rompa sob a ação do próprio peso para um comprimento maior que L_1. Qual deve ser o diâmetro mínimo de uma viga feita do mesmo material com comprimento $2L_1$ para que ela não se rompa pela ação de seu próprio peso?

Resposta esperada

a) Unidades de σ no SI: $[\sigma] = \frac{[F][L]}{[d^3]} = \frac{N \cdot m}{m^3} = \frac{N}{m^2}$ ou $\frac{kg}{m \cdot s^2}$

(1 ponto)

b) Volume da viga cilíndrica: $V = \pi \frac{d^2}{4} L$,

$\gamma = \frac{mg}{V} \Rightarrow P = \gamma V = \frac{\pi}{4} \gamma d^2 L$

(2 pontos)

Resposta esperada

c) $P_1 = \sigma \dfrac{d_1^3}{L_1} = \dfrac{\pi}{4}\gamma d_1^2 L_1 \Rightarrow d_1 = \dfrac{\pi\gamma L_1^2}{4\sigma}$

$L = 2L_1 \Rightarrow d_{min} = \dfrac{\gamma\pi(2L_1)^2}{4\sigma} = 4d_1$

(2 pontos)

Exemplo acima da média

a) $F = \sigma \dfrac{d^3}{L} \Rightarrow \sigma = F.L/d^3$

$\text{unidade}(\sigma) = N.m/m^3 = kg\dfrac{m}{s^2}.\dfrac{m}{m^3} = kg\, m^{-1} s^{-2} \Rightarrow$

$\text{unidade}(\sigma) = N/m^2$ ou $kg\, m^{-1} s^{-2}$

b) $\gamma = P/V \Rightarrow P = \gamma V = \gamma.\pi\,(d/2)^2.L \Rightarrow P = \dfrac{\gamma\pi d^2 L}{4}$

c) mesmo material $\Rightarrow$ γ não muda nem σ

Para que uma viga não se rompa: $P \leq F_{máx} \Rightarrow$

$\dfrac{\gamma\pi d^2 L}{4} \leq \dfrac{\sigma d^3}{L} \Rightarrow d_{mín} = \dfrac{\gamma\pi L^2}{4\sigma} \Rightarrow \dfrac{d_{mín}}{L^2} =$ constante

$\dfrac{d_1}{L_1^2} = \dfrac{d_2}{L_2^2} \Rightarrow \dfrac{d_1}{L_1^2} = \dfrac{d_2}{(2L_1)^2} \Rightarrow d_2 = 4d_1$. Logo, devemos ter diâmetro mínimo de $4d_1$.

Exemplo abaixo da média

a) $F = \sigma \dfrac{d^3}{L}$

$\dfrac{F.L}{d^3} = \sigma$

$\dfrac{N.m}{m^3} = \sigma$

R: $\sigma = N/m^2$

b) $P = \gamma\, 2\pi \dfrac{d^2}{4}.L$

c) d_1 $L > L_1$

$2d_2$ $2L_1$ $d_2 = 2\sqrt{2}d_1$

Resposta: $2\sqrt{2}d_1$

Questão 8

Com a instalação do gasoduto Brasil-Bolívia, a quota de participação do gás natural na geração de energia elétrica no Brasil será significativamente ampliada. Ao se queimar 1,0 kg de gás natural obtém-se 5,0 x 10^7 J de calor, parte do qual pode ser convertido em trabalho em uma usina termoelétrica. Considere uma usina queimando 7200 quilogramas de gás natural por hora, a uma temperatura de 1227 °C. O calor não aproveitado na produção de trabalho é cedido para um rio de vazão 5000 l/s, cujas águas estão inicialmente a 27 °C. A maior eficiência teórica da conversão de calor em trabalho é dada por $\eta = 1 - \dfrac{T_{min}}{T_{max}}$, sendo T_{min} e T_{max} as temperaturas absolutas das fontes quente e fria respectivamente, ambas expressas em Kelvin. Considere o calor específico da água $C = 4000 \dfrac{J}{kg\,^0C}$.

a) Determine a potência gerada por uma usina cuja eficiência é metade da máxima teórica.

b) Determine o aumento de temperatura da água do rio ao passar pela usina.

Resposta esperada

1 kg de gás: $5{,}0 \times 10^7$ J

m = 7200 kg (1 hora)

$T_{max} = 1227\ °C = 1500\ K$

$T_{min} = 27\ °C = 300\ K$

a) Máxima eficiência teórica: $\eta_{max} = 1 - \dfrac{T_{min}}{T_{max}} = 1 - \dfrac{27 + 273}{1227 + 273} = 0,8$

$$P = \frac{\eta_{max}}{2}\frac{7200 \times 5 \times 10^7}{3600} = 0,4 \times 10^8 = 4 \times 10^7 W \quad \text{OU} \quad 40\ MW$$

(3 pontos)

b) Calor cedido ao rio: $\dfrac{Q}{\Delta t} = 0,6 \times 10^8 = 6 \times 10^7 W$; Vazão do rio: $\dfrac{m}{\Delta t} = 5000 kg/s$

$$Q = mc\Delta T \Rightarrow \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m}{\Delta t}c(T_f - T_i) \Rightarrow T_f - T_i = \frac{6 \times 10^7}{5000 \times 4000} = 3°C$$

(2 pontos)

Comentários

Devido a um erro de revisão, as definições de fontes quente e fria estão invertidas no enunciado. A resposta acima corrige este lapso, que não prejudicou a resolução da questão durante a prova. Vide os exemplos abaixo.

Exemplo acima da média

a) Sendo $T_{min} = 27°C = 300 K$ e $T_{max} = 1227°C = 1500 K$, temos: $\eta = 1 - \frac{300}{1500} = 80\%$

logo, $P_{USINA} = 40\% \cdot \frac{7200 \cdot 5 \cdot 10^7}{3600} = 0,4 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^7$

$\therefore \boxed{P_{USINA} = 4 \cdot 10^7 W}$

b) Em 1 segundo, temos: $Q = mc\Delta\Theta$, onde $\underline{Q}$ é a energia não aproveitada (60%).

$0,6 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 10^7 = 5000 \cdot 4000 \cdot \Delta\Theta$

$\Delta\Theta = \frac{6 \cdot 10^7}{2 \cdot 10^7} \rightarrow \boxed{\Delta\Theta = 3°C}$

aumento

Exemplo abaixo da média

queima de 1 kg de gás = $5 \cdot 10^7$ J de calor
queimo 7200 g = 7,2 kg por 1 hora à 1227 °C (1500)
vazão do rio = 5000 l/seg
temperatura da água = 27 °C (300 K)

$$P = \frac{m c \Delta\theta}{\Delta t} \cdot \frac{0,8}{2}$$

$$P = 7,2 \cdot 4000 \cdot (1500 - 300) \cdot \frac{0,8}{2}$$

$$P = \frac{28800 \cdot 480}{1\ \text{hora}}$$

b)

$$n = 1 - \frac{T_{mín}}{T_{máx}}$$

$$n = 1 - \frac{300\,K}{1500\,K}$$

$$n = \frac{1500}{1500} - \frac{300}{1500}$$

$$= \frac{1200}{1500} = 12/15 = 4/5$$

$$= \frac{4}{5} = 0,8$$

Questão 9

Podemos medir a velocidade *v* do som no ar de uma maneira relativamente simples. Um diapasão que vibra na freqüência *f* de 440 Hz é mantido junto à extremidade aberta de um recipiente cilíndrico contendo água até um certo nível. O nível da coluna de água no recipiente pode ser controlado através de um sistema de tubos. Em determinadas condições de temperatura e pressão, observa-se um máximo na intensidade do som quando a coluna de ar acima da coluna de água mede 0,6 m. O efeito se repete pela primeira vez quando a altura da coluna de ar atinge 1,0 m. Considere esses resultados e lembre-se que $v = \lambda f$ onde λ é o comprimento de onda.

a) Determine a velocidade do som no ar nas condições da medida.

b) Determine o comprimento de onda do som produzido pelo diapasão.

c) Desenhe esquematicamente o modo de vibração que ocorre quando a coluna de ar mede 0,6 m.

Resposta esperada

a) $h_1 = 0,6$ m ; $h_2 = 1,0$ m ; $f = 440$ Hz

$$\lambda_n = \frac{4L}{2n+1} \Rightarrow f_n = \frac{v(2n+1)}{4L} \text{ ; com } n = 0, 1, 2, \ldots$$

$$440 = \frac{v(2n+1)}{4 \times h_1} = \frac{v(2(n+1)+1)}{4 \times h_2} \Rightarrow v = \frac{440 \times 2,4}{2n+1} = \frac{440 \times 4,0}{2(n+1)+1} \quad \therefore \quad n = 1$$

$$v = \frac{440 \times 2,4}{3} = 352 \text{ m/s}$$

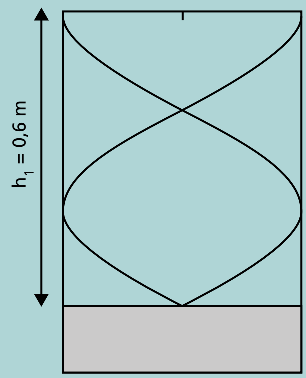
(1 ponto)

b) $$\lambda = \frac{4L}{3} = \frac{4 \times 0,6}{3} = 0,8\text{m}$$

(2 pontos)

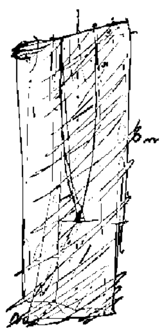
Resposta esperada

c) Um nó na superfície da água, um nó de 40 cm acima da superfície da água e um anti-nó (ventre) na abertura do tubo.



(2 pontos)

Exemplo acima da média



a) $n_1 \frac{\lambda}{4} = 0{,}6m$ $n_2 \frac{\lambda}{4} = 1m$

$\frac{n_1}{n_2} \frac{6}{10} = \frac{3}{5}$

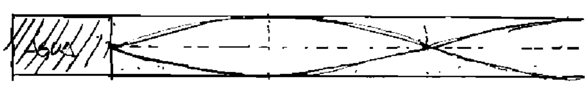
Assim vemos que para o comprimento 0,6m a onda estacionaria no tubo corresponde ao 2º harmonico onde

$\lambda_n = \frac{4L}{(2n-1)} \Rightarrow \frac{v}{f} = \frac{4 \cdot \cancel{0{,}6}^{0{,}2} m}{\cancel{3}} \rightarrow 0{,}8\,m\,440\,\frac{1}{s} = v$

$v = 352 m/s$

b) $\lambda = \frac{4 \times 0{,}6m}{3} = 0{,}8m$

c)



Exemplo abaixo da média

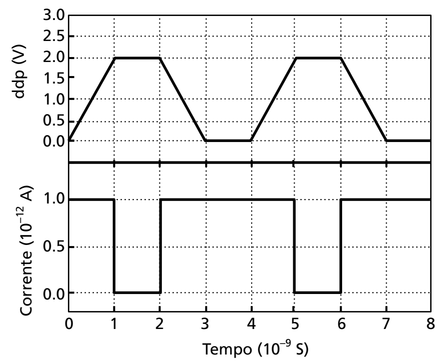
a) V = 340 m/s

b) V = λ f
340 = λ . 440
λ = 0,77m

c)

Questão 10

A freqüência de operação dos microcomputadores vem aumentando continuamente. A grande dificuldade atual para aumentar ainda mais essa freqüência está na retirada do calor gerado pelo funcionamento do processador. O gráfico a seguir representa a *ddp* e a corrente em um dispositivo do circuito de um microcomputador, em função do tempo.



a) Qual é a freqüência de operação do dispositivo?

b) Faça um gráfico esquemático da potência dissipada nesse dispositivo em função do tempo.

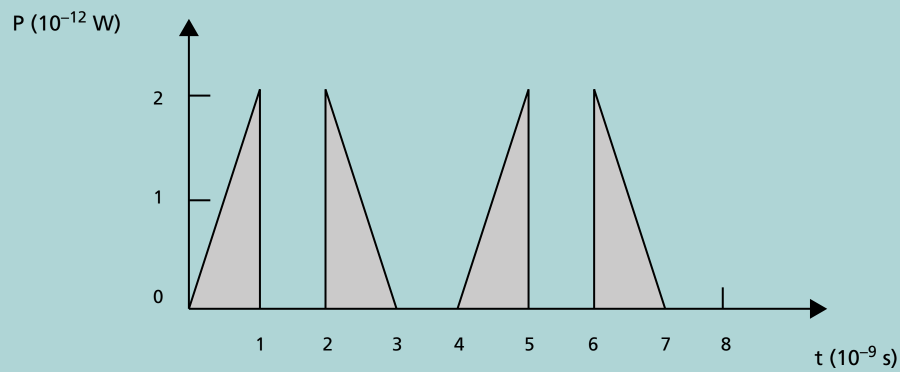
c) Qual é o valor da potência média dissipada no dispositivo durante um período?

Resposta esperada

a) Dos gráficos $T = 4 \times 10^9$ s; $f = \dfrac{1}{T} = \dfrac{1}{4} \times 10^9$ Hz $= 0,25 \times 10^9$ Hz

(1 ponto)

b) P = Vi



(2 pontos)

c) Potência Média

$$\bar{P} = \frac{\text{Área em T}}{T} = \frac{2 \times \left[\frac{1}{2} \times (1 \times 10^{-9}) \times (2 \times 10^{-12})\right]}{4 \times 10^{-9}} = 0,5 \times 10^{-12} \text{ W}$$

(2 pontos)

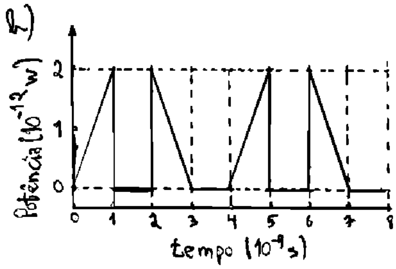
Exemplo acima da média

a) $f = \frac{1}{4.10^{-9}}$

$f = 2{,}5.10^{8}\ Hz$

R: A frequência é de $2{,}5.10^{8}$ Hz

b)



c)

$Pot_m = \frac{\Sigma A}{\Delta t}$

$Pot_m = \frac{4.2.10^{-12}.10^{-9}}{2.8.10^{-9}}$

$Pot_m = 0{,}5.10^{-12}\ W$

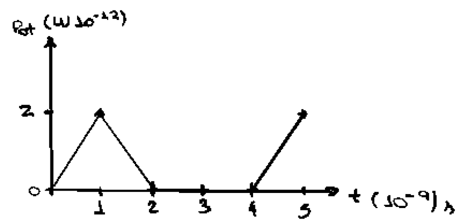
R: A potência média dissipada é de $0{,}5.10^{-12}$ W.

Exemplo abaixo da média

a) $f = \frac{1}{T}$ $\quad f = \frac{1}{4 \times 10^{-9}} = 0{,}25 \times 10^{9}$

$f = 2{,}5 \times 10^{8}\ Hz$

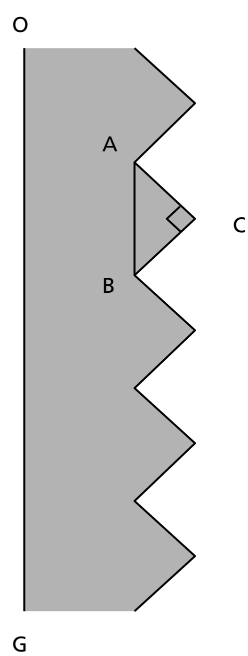
b)



c) $P_{m\,dissipada} = 0{,}5 \times 10^{-12}\ W = 5 \times 10^{-13}\ W$

Questão 11

Um tipo de sinalização utilizado em estradas e avenidas é o chamado *olho-de-gato*, o qual consiste na justaposição de vários prismas retos feitos de plástico, que refletem a luz incidente dos faróis dos automóveis.

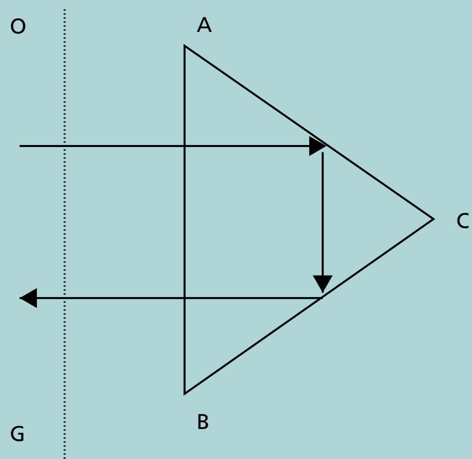


a) Reproduza no caderno de respostas o prisma ABC indicado na figura acima, e desenhe a trajetória de um raio de luz que incide perpendicularmente sobre a face OG e sofre reflexões totais nas superfícies AC e BC.

b) Determine o mínimo valor do índice de refração do plástico, acima do qual o prisma funciona como um refletor perfeito (toda a luz que incide perpendicularmente à superfície OG é refletida). Considere o prisma no ar, onde o índice de refração vale 1,0.

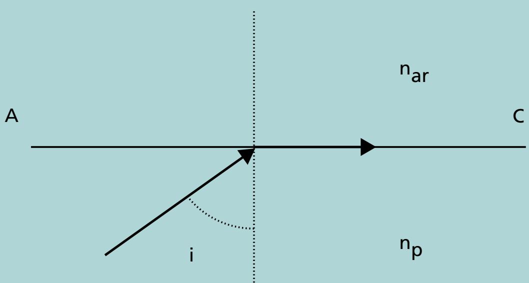
Resposta esperada

a)



(2 pontos)

b)



n_p sen(i) = n_{ar} sen(r) Lei de Snell

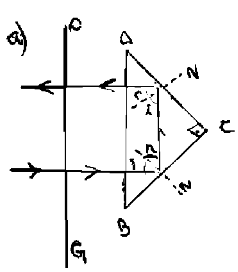
n_p sen(i) = 1

$n_p = \sqrt{2}$

(3 pontos)

Exemplo acima da média

a)



$i = r = 45°$

b) $\text{sen}\,\hat{i} = \frac{n_{menor}}{n_{maior}}$

$\text{sen}\,\hat{L} = \frac{n_{ar}}{n_p}$

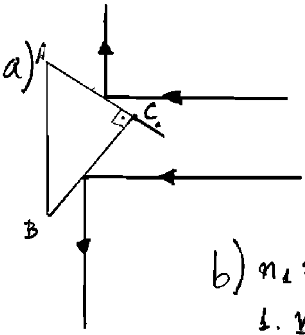
$\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{n_p}$

$n_p = \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\cancel{2}\sqrt{2}}{\cancel{2}}$

$n_{plastico} = \sqrt{2}$

Exemplo abaixo da média

a)



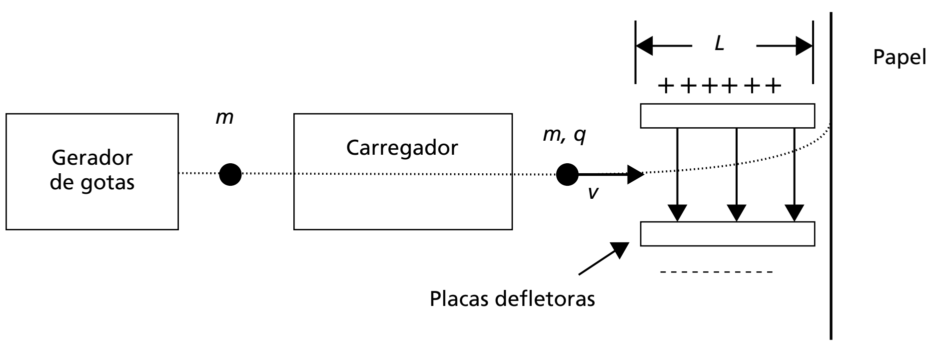
b) $n_1 \operatorname{sen} \hat{i} = n_2 \operatorname{sen} \hat{r}$

$1 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = n_2 \frac{\sqrt{2}}{2}$

$n_2 = 1$

Questão 12

Nas impressoras a jato de tinta, os caracteres são feitos a partir de minúsculas gotas de tinta que são arremessadas contra a folha de papel. O ponto no qual as gotas atingem o papel é determinado eletrostaticamente. As gotas são inicialmente formadas, e depois carregadas eletricamente. Em seguida, elas são lançadas com velocidade constante v em uma região onde existe um campo elétrico uniforme entre duas pequenas placas metálicas. O campo deflete as gotas conforme a figura abaixo. O controle da trajetória é feito escolhendo-se convenientemente a carga de cada gota. Considere uma gota típica com massa m = 1,0 x 10^{-10} kg, carga elétrica q = -2,0 x 10^{-13} C, velocidade horizontal v = 6,0 m/s atravessando uma região de comprimento L = 8,0 x 10^{-3} m onde há um campo elétrico E = 1,5 x 10^{6} N/C.



a) Determine a razão F_E/F_P entre os módulos da força elétrica e da força peso que atuam sobre a gota de tinta.

b) Calcule a componente vertical da velocidade da gota após atravessar a região com campo elétrico.

Resposta esperada

a) $F_P = mg$

$F_E = qE$

$$\frac{F_E}{F_P} = \frac{qE}{mg} = \frac{2 \times 10^{-13} \times 1,5 \times 10^{6}}{1 \times 10^{-10} \times 10} = 3 \times 10^{2}$$

(2 pontos)

Resposta esperada

b) $v_y = 0 + at$

$$a \approx \frac{qE}{m} \; ; \; t = \frac{L}{v_x}$$

$$v_y \approx \frac{qE}{m} \cdot \frac{L}{v_x} = \frac{2 \times 10^{-13} \times 1,5 \times 10^{6} \times 8 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-10} \times 6} = 4,0 \text{ m/s}$$

(3 pontos)

Exemplo acima da média

a) Temos que $F_E = |q| . E = 2.10^{-13}.1,5.10^{6} = \boxed{3.10^{-7} N}$

Temos que $F_P = m.g = 1.10^{-10}.10 = \boxed{10^{-9} N}$

Assim a razão $\frac{F_E}{F_P}$ vale $= \frac{3.10^{-7}}{10^{-9}} = 3.10^{2}$ $\boxed{R = 3.10^{2}}$

R: A razão vale $\left(\frac{F_E}{F_P}\right)$ 3.10^{2}

b) Considerando que a força elétrica é bem maior que a força peso, consideraremos desprezível a força Peso agindo sobre q.

O tempo para q percorrer $L = 8 \times 10^{-3} m$ será:

$\Delta t = \frac{8.10^{-3} m}{6 m/s}$ $\boxed{\Delta t = \frac{4}{3}.10^{-3} s}$, sabendo que F_E é a força resultante em q, acharemos a aceleração:

$F = m.a$

$3.10^{-7} = 10^{-10}.a$

$\boxed{a = 3.10^{3} m/s^{2}}$

• Assim a componente vertical da velocidade será:

$V = a.t$ $\quad V = \cancel{3}.10^{+3}.\frac{4}{\cancel{3}}.10^{-3}$ $\quad \boxed{V = 4 m/s \text{ (VERTICAL)}}$

Exemplo abaixo da média

a) $\frac{Fe}{Fp} = \frac{q.E}{m.g} = \frac{-2.10^{-13}.1,5.10^{6}}{10^{-10}.10} = \frac{-3.10^{-7}}{10^{-9}}$

$\frac{Fe}{Fp} = -3.10^{2} N$

$E = \frac{K q}{r^2}$

$r^2 = \frac{9.10^{19}.2.10^{-13}}{1,5.10^{6}}$

$r^2 = 8.10^{12}$

$r = 2\sqrt{2}.10^{6}$

b) $m.a = 3.10^{-2}$

$a = \frac{3.10^{2}}{10^{-10}} = 3.10^{12} m/s$

$V^2 = \cancel{V_0^2} + 2a\Delta S$

$V^2 = 2.3.10^{12}.2\sqrt{2}.10^{6}$

$V^2 = 12\sqrt{2}.10^{18}$

$V = 2\sqrt{18}.10^{9} m/s$