



Caderno de Questões

A Unicamp
comenta suas provas

99



13 de Janeiro de 1998

Física

As questões de Física do Vestibular Unicamp versam sobre assuntos variados do programa (que constam no Manual do Candidato). A geração delas começa pela formulação de uma situação física, preferivelmente ligada ao cotidiano de um jovem, como por exemplo o carro de seu pai, sua lente de contato, o chuveiro elétrico, etc. 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 são aprimoradas 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.

A correção

A correção é feita de maneira a aproveitar tudo de correto que o candidato escreve. Em geral, erros de unidade e erros de potência de 10 são penalizados com algum desconto de nota.

Questões

Atenção: Escreva a resolução **COMPLETA** de cada questão nos espaços reservados para as mesmas.

Adote a aceleração da gravidade $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Questão 1

Considere um avião a jato, com massa total de 100 toneladas ($1,0 \times 10^5 \text{ kg}$), durante a decolagem numa pista horizontal. Partindo do repouso, o avião necessita de 2000 m de pista para atingir a velocidade de 360 km/h, a partir da qual ele começa a voar.

- Qual é a força de sustentação, na direção vertical, no momento em que o avião começa a voar?
- Qual é a força média horizontal sobre o avião enquanto ele está em contato com o solo durante o processo de aceleração?

Resposta Esperada

a) No momento em que o avião decola, a força de sustentação deve ser oposta ao seu peso. Em módulo:

$$F = P = mg = 1,0 \times 10^5 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 1,0 \times 10^6 \text{ N} \quad (2 \text{ pontos})$$

b) A força média horizontal é dada por:

$$F = ma$$

A aceleração pode ser calculada por:

$$v^2 = v_0^2 + 2ad$$

sendo v_0 a velocidade inicial (nula), v a velocidade final, d a distância percorrida e a a aceleração. Logo:

$$a = \frac{v^2}{2d} = \left(\frac{360 \text{ km/h} \cdot 10^3 \text{ m/km}}{3600 \text{ s/h}} \right)^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot 2000 \text{ m}} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

A força média horizontal é calculada por:

$$F = ma = 1,0 \times 10^5 \text{ kg} \cdot 2,5 \text{ m/s}^2 = 2,5 \times 10^5 \text{ N}. \quad (3 \text{ pontos})$$

Questão 2

Um objeto é lançado horizontalmente de um avião a 2420 m de altura.

- a) Considerando a queda livre, ou seja, desprezando o atrito com o ar, calcule quanto tempo duraria a queda.
 b) Devido ao atrito com o ar, após percorrer 200 m em 7,0 s, o objeto atinge a velocidade terminal constante de 60 m/s. Neste caso, quanto tempo dura a queda?

Resposta Esperada

- a) Na direção vertical:

$$h = h_0 + v_{0,y}t + \frac{1}{2}gt^2$$

Utilizando-se $h_0 = 0$ e $v_{0,y} = 0$, o tempo de queda é dado por:

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2420 \text{ m}}{10 \text{ m/s}^2}} = 22 \text{ s}.$$

(2 pontos)

- b) Após $t_1 = 7,0 \text{ s}$, o movimento na vertical é retilíneo e uniforme.

$$t_2 = \frac{h}{v} = \frac{(2420 - 200) \text{ m}}{60 \text{ m/s}} = 37 \text{ s}$$

Portanto o tempo total de queda é:

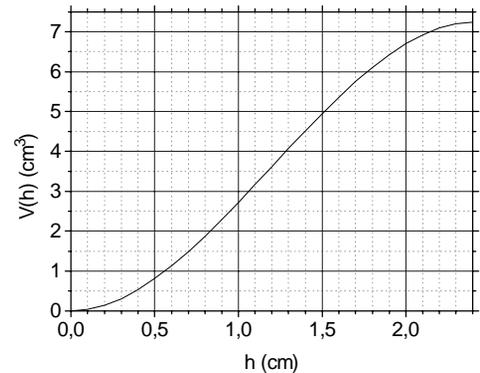
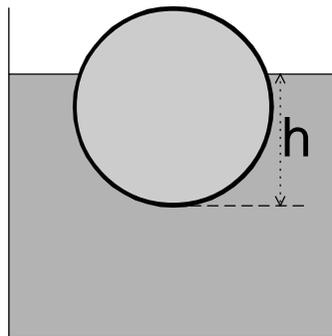
$$t = t_1 + t_2 = 7,0 + 37 = 44 \text{ s}.$$

(2 pontos)

Questão 3

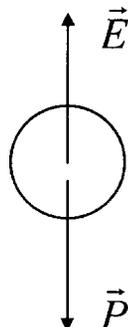
Uma esfera de raio 1,2 cm e massa 5,0 g flutua sobre a água, em equilíbrio, deixando uma altura h submersa, conforme a figura. O volume submerso como função de h é dado no gráfico. Sendo a densidade da água $1,0 \text{ g/cm}^3$,

- a) calcule o valor de h no equilíbrio;
 b) ache a força vertical para baixo necessária para afundar a esfera completamente.



Resposta Esperada

- a)



No equilíbrio:

$$P = E$$

$$mg = \rho Vg$$

onde ρ é a densidade da água e V é o volume de água deslocado.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{5,0 \text{ g}}{1,0 \text{ g/cm}^3} = 5,0 \text{ cm}^3$$

Através do gráfico fornecido, obtém-se a altura submersa:

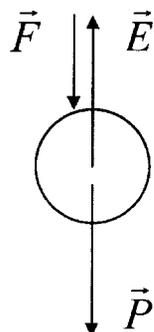
$$h = 1,5 \text{ cm}$$

(2 pontos)

d) Com a esfera totalmente submersa, $h = 2r = 2,4 \text{ cm}$. Do gráfico:

$$V = 7,2 \text{ cm}^3$$

Nestas condições, para que se tenha equilíbrio:



$$F = E - P$$

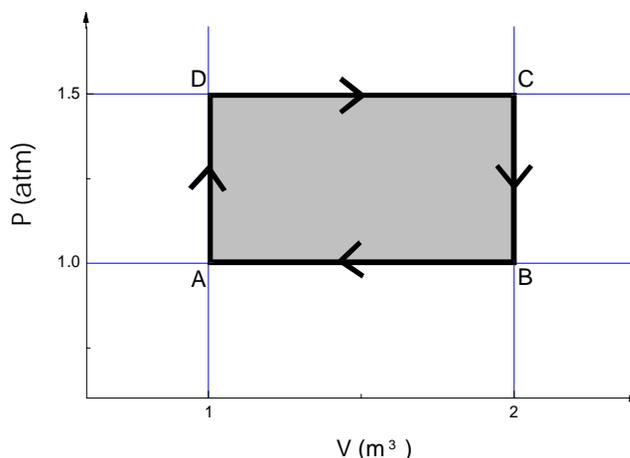
$$\begin{aligned} F &= (\rho V - m)g \\ &= (1,0 \text{ g/cm}^3 \cdot 10^{-3} \text{ kg/g} \cdot 7,2 \text{ cm}^3 - 5,0 \text{ g} \cdot 10^{-3} \text{ kg/g}) \cdot 10 \text{ m/s}^2 \\ &= 2,2 \times 10^{-2} \text{ N} \end{aligned}$$

(3 pontos)



Questão
4

Uma máquina térmica industrial utiliza um gás ideal, cujo ciclo de trabalho é mostrado na figura abaixo. A temperatura no ponto A é 400 K.



Utilizando $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$, responda os itens a e b.

- a) Qual é a temperatura no ponto C?
b) Calcule a quantidade de calor trocada pelo gás com o ambiente ao longo de um ciclo.

Resposta Esperada

a) A temperatura do ponto C pode ser obtida através da lei dos gases ideais:

$$\begin{aligned} \frac{P_C \cdot V_C}{T_C} &= \frac{P_A \cdot V_A}{T_A} \\ T_C &= P_C \cdot V_C \cdot \frac{T_A}{P_A \cdot V_A} = 1,5 \text{ atm} \cdot 2,0 \text{ m}^3 \cdot \frac{400 \text{ K}}{1,0 \text{ atm} \cdot 1,0 \text{ m}^3} = 1200 \text{ K} \end{aligned}$$

(2 pontos)

b) O calor trocado pelo gás com o ambiente ao longo do ciclo (Q) pode ser obtido pela primeira lei da Termodinâmica:

$$\Delta U = Q - W$$

Em um ciclo fechado, tem-se $\Delta U = 0$ e o trabalho realizado pelo gás é igual à área interna do gráfico:

$$W = (1,5 - 1,0) \text{ atm} \cdot (2,0 - 1,0) \text{ m}^3 \cdot 10^5 \frac{\text{N/m}^2}{\text{atm}} = 5,0 \times 10^4 \text{ J}$$

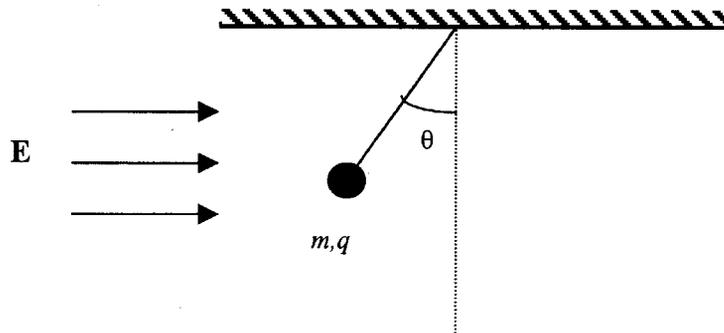
Logo, o calor trocado com o ambiente é:

$$Q = W = 5,0 \times 10^4 \text{ J}$$

(3 pontos)



Considere uma esfera de massa m e carga q pendurada no teto e sob a ação da gravidade e do campo elétrico E como indicado na figura abaixo.

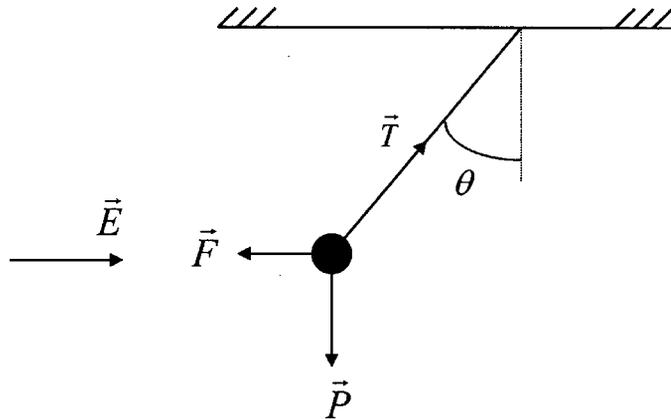


- Qual é o sinal da carga q ? Justifique sua resposta.
- Qual é o valor do ângulo θ no equilíbrio?



Resposta Esperada

- O diagrama do elétrico aplicado e das forças que atuam sobre a esfera é:



A força \vec{F} tem **sentido oposto** ao campo elétrico \vec{E} . Como:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

conclui-se que a carga elétrica tem sinal negativo.

(2 pontos)



Comentários

Foi observada com frequência a utilização das expressões *campo de afastamento* e *campo de aproximação* na tentativa de justificar a posição de equilíbrio da esfera carregada. Esta não é a terminologia usual, não sendo utilizada nos bons livros de Física para o secundário. Mais que isso, ela evidencia uma confusão conceitual entre o campo elétrico aplicado e o campo gerado pela própria esfera.

- Da figura acima:

$$F = |q|E = T \sin \theta$$

$$P = mg = T \cos \theta$$

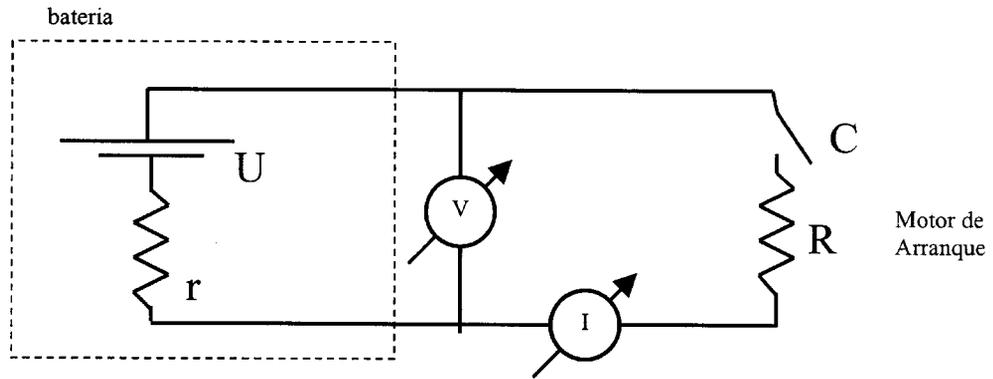
Logo:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{|q|E}{mg} \Rightarrow \theta = \operatorname{tg}^{-1} \frac{|q|E}{mg}$$

(3 pontos)

Questão 6

Uma bateria de automóvel pode ser representada por uma fonte de tensão ideal U em série com uma resistência r . O motor de arranque, com resistência R , é acionado através da chave de contato C , conforme mostra a figura abaixo.



Foram feitas as seguintes medidas no voltímetro e no amperímetro ideais:

	Chave aberta	Chave fechada
V (Volts)	12	10
I (Ampères)	0	100

- a) Calcule o valor da diferença de potencial U .
 b) Calcule r e R .

Resposta Esperada

- a) $U = 12 \text{ V}$, que corresponde à leitura do voltímetro quando a chave está aberta. (2 pontos)
 b) Quando a chave está fechada, podemos calcular r e R utilizando a relação $V = RI$.

$$r = \frac{U - V}{I} = \frac{12 \text{ V} - 10 \text{ V}}{100 \text{ A}} = 0,02 \Omega$$

e

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10 \text{ V}}{100 \text{ A}} = 0,1 \Omega \quad (3 \text{ pontos})$$

Questão 7

Um objeto de massa $m_1 = 4,0 \text{ kg}$ e velocidade $v_1 = 3,0 \text{ m/s}$ choca-se com um objeto em repouso, de massa $m_2 = 2,0 \text{ kg}$. A colisão ocorre de forma que a perda de energia cinética é máxima mas consistente com o princípio de conservação da quantidade de movimento.

- a) Quais as velocidades dos objetos imediatamente após a colisão?
 b) Qual a variação da energia cinética do sistema?

Resposta Esperada

- a) A quantidade de movimento ($p = mv$) se conserva, ou seja:

$$p_i = p_f$$

$$m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_f$$

$$v_f = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{4,0 \text{ kg} \cdot 3,0 \text{ m/s}}{4,0 \text{ kg} + 2,0 \text{ kg}} = 2,0 \text{ m/s} \quad (3 \text{ pontos})$$

b) $E_i = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot 4,0 \text{ kg} \cdot (3,0 \text{ m/s})^2 = 18 \text{ J}$ (2 pontos)

$$E_f = \frac{1}{2} (m_1 + m_2) v_f^2 = \frac{1}{2} \cdot (4,0 \text{ kg} + 2,0 \text{ kg}) \cdot (2,0 \text{ m/s})^2 = 12 \text{ J}$$

$$\Delta E = E_f - E_i = 12 \text{ J} - 18 \text{ J} = -6 \text{ J}$$



Observação

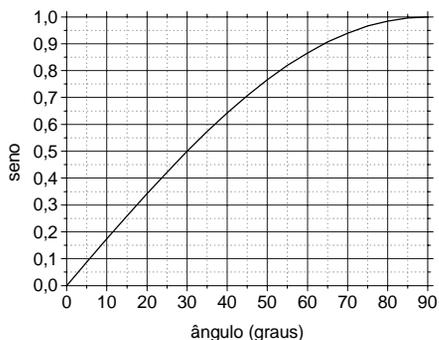
Também foi aceita a resposta $\Delta E = +6 \text{ J}$.

Questão 8

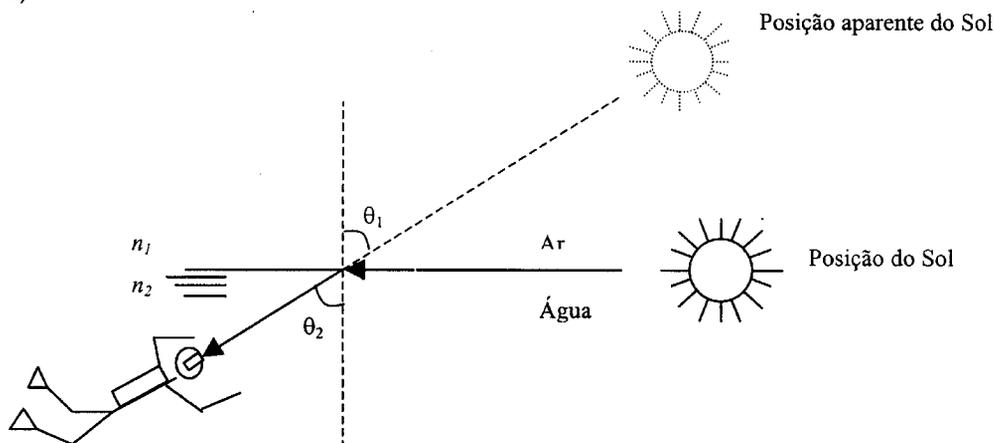
Um mergulhador, dentro do mar, vê a imagem do Sol nascendo numa direção que forma um ângulo agudo (ou seja, menor que 90°) com a vertical.

a) Faça um desenho esquemático mostrando um raio de luz vindo do Sol ao nascer e o raio refratado. Represente também a posição aparente do Sol para o mergulhador.

b) Sendo $n = 1,33 \cong \frac{4}{3}$ o índice de refração da água do mar, use o gráfico abaixo para calcular aproximadamente o ângulo entre o raio refratado e a vertical.



Resposta Esperada a)



b) Pela lei de Snell, (2 pontos)

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$n_1 = 1, \quad n_2 = 4/3 \quad \text{e} \quad \theta_1 = 90^\circ, \quad \text{assim}$$

$$1 \cdot \sin 90^\circ = \frac{4}{3} \cdot \sin \theta_2$$

$$\sin \theta_2 = \frac{3}{4}$$

Do gráfico, encontramos:

$$\theta_2 \cong 48^\circ$$

Observação

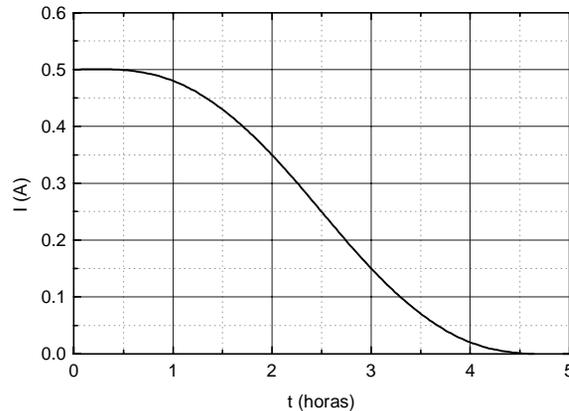
Foram aceitos valores no intervalo de 45° a 50° .

(3 pontos)

Questão
9

Um satélite de telecomunicações em órbita em torno da Terra utiliza o Sol como fonte de energia elétrica. A luz solar incide sobre seus 10 m^2 de painéis fotovoltaicos com uma intensidade de 1300 W/m^2 e é transformada em energia elétrica com eficiência de 12%.

- a) Qual é a energia (em kWh) gerada em 5 horas de exposição ao Sol?
b) O gráfico abaixo representa a corrente utilizada para carregar as baterias do satélite em função do tempo de exposição dos módulos fotovoltaicos ao Sol. Qual é a carga das baterias em Ah ($1 \text{ Ah} = 3600 \text{ C}$) após 5 horas de exposição dos módulos ao Sol?



Resposta Esperada

a) $P_{\text{útil}} = PS\eta = 1300 \text{ W/m}^2 \cdot 10 \text{ m}^2 \cdot 0,12 = 1560 \text{ W}$ ou $1,56 \text{ kW}$

$$E = Pt = 1,56 \text{ kW} \cdot 5 \text{ h} = 7,8 \text{ kWh} \quad (2 \text{ pontos})$$

- b) A carga Q corresponde à área sob o gráfico $I \times t$.

Estimando esta área pelo gráfico, obtém-se:

$$Q \cong 1,25 \text{ Ah} \quad (3 \text{ pontos})$$

Observação

Foram aceitos valores entre 1,1 e 1,4 Ah, ou entre 3960 e 5040 C.

Questão
10

Um míssil é lançado horizontalmente em órbita circular rasante à superfície da Terra. Adote o raio da Terra $R = 6400 \text{ km}$ e, para simplificar, tome 3 como valor aproximado de π .

- a) Qual é a velocidade de lançamento?
b) Qual é o período da órbita?

Resposta Esperada

- a) A força centrípeta coincide com o peso, isto é:

$$\frac{mv^2}{R} = mg \quad g = \frac{v^2}{R}$$

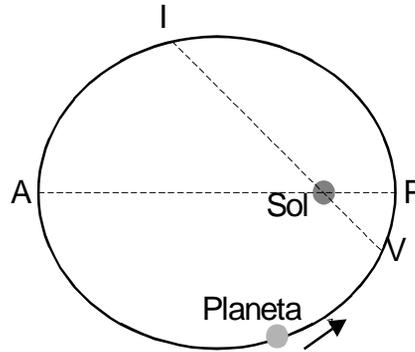
$$v = \sqrt{gR} = \sqrt{10 \text{ m/s}^2 \cdot 6,4 \times 10^6 \text{ m}} = 8000 \text{ m/s} \quad (3 \text{ pontos})$$

b) $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T}$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 6,4 \times 10^6 \text{ m}}{8 \times 10^3 \text{ m/s}} = 4800 \text{ s} = 80 \text{ min} \quad (2 \text{ pontos})$$

Questão 11

A figura abaixo representa exageradamente a trajetória de um planeta em torno do Sol. O sentido do percurso é indicado pela seta. O ponto V marca o início do verão no hemisfério sul e o ponto I marca o início do inverno. O ponto P indica a maior aproximação do planeta ao Sol, o ponto A marca o maior afastamento. Os pontos V, I e o Sol são colineares, bem como os pontos P, A e o Sol.



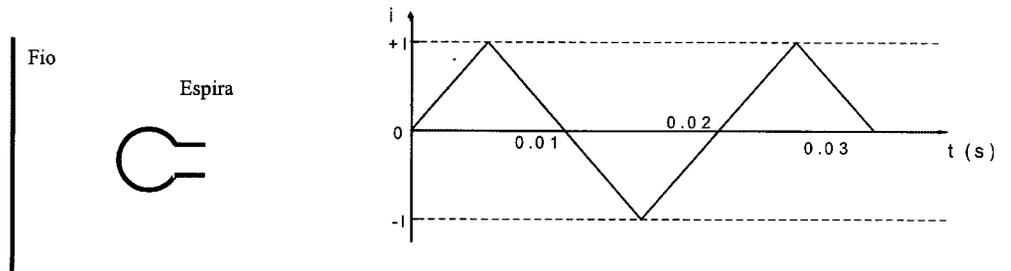
- a) Em que ponto da trajetória a velocidade do planeta é máxima? Em que ponto essa velocidade é mínima? Justifique sua resposta.
 b) Segundo Kepler, a linha que liga o planeta ao Sol percorre áreas iguais em tempos iguais. Coloque em ordem crescente os tempos necessários para realizar os seguintes percursos: VPI, PIA, IAV, AVP.

Resposta Esperada

- a) Este problema pode ser resolvido de duas maneiras:
 I) A energia total deve ser constante. A velocidade é máxima no ponto P, pois ali a energia potencial é mínima e, conseqüentemente, a energia cinética é máxima. A velocidade é mínima no ponto A, pois ali a energia potencial é máxima e, conseqüentemente, a energia cinética é mínima. *(2 pontos)*
 ou
 II) Segundo Kepler, a linha que liga o planeta ao Sol percorre áreas iguais em tempos iguais. Como a distância Sol-P é a menor e a distância Sol-A é a maior, a velocidade deve ser máxima em P e mínima em A. *(2 pontos)*
 b) Ordem crescente de áreas: $VPI < PIA = AVP < IAV$. *(3 pontos)*

Questão 12

Um fio condutor retilíneo longo é colocado no plano que contém uma espira condutora conforme a figura abaixo à esquerda. O fio é percorrido por uma corrente $i(t)$ cuja variação em função do tempo é representada na figura abaixo à direita.

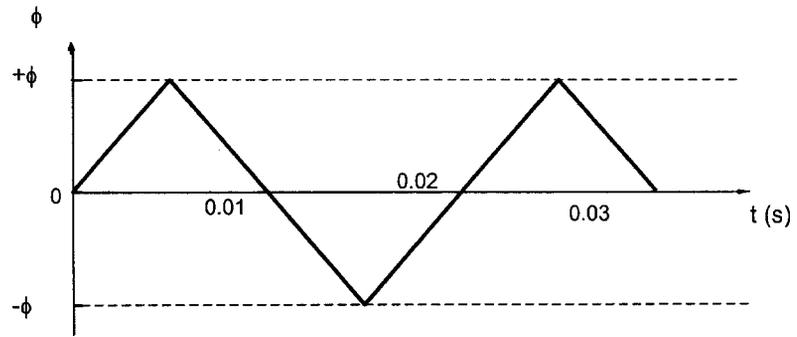


- a) Qual é a frequência da corrente que percorre a espira?
 b) Faça um gráfico do fluxo magnético que atravessa a espira em função do tempo.
 c) Faça um gráfico da força eletromotriz induzida nos terminais da espira em função do tempo.

Resposta Esperada

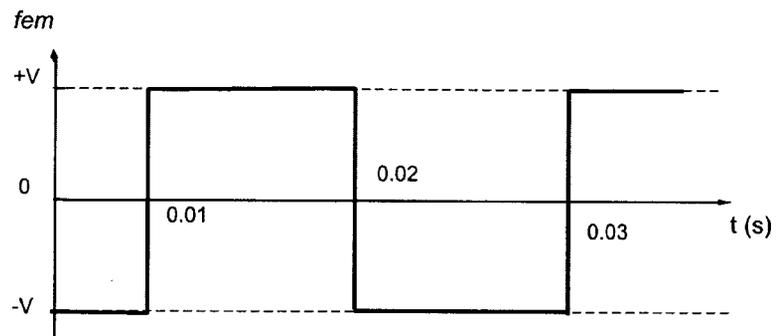
- a) Como $f = \frac{1}{T}$ e $T = 0,02$ s (gráfico), $f = \frac{1}{0,02\text{ s}} = 50$ Hz. *(1 ponto)*

b) O fluxo magnético é proporcional à indução magnética e, portanto, à corrente no fio. Então seu gráfico é do tipo:



(2 pontos)

c) $fem = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$. Então:



(2 pontos)