

# **FUVEST 2003**

## **Segunda Fase**

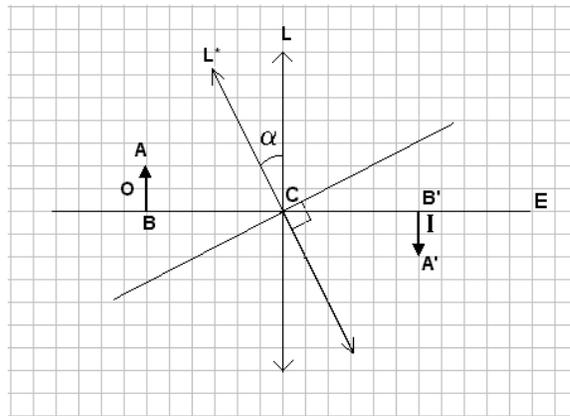
**Física**

**08/01/2003**

**Q.01**

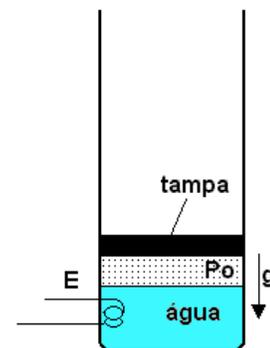
A figura na folha de respostas representa, na linguagem da óptica geométrica, uma lente **L** de eixo **E** e centro **C**, um objeto **O** com extremidades **A** e **B**, e sua imagem **I** com extremidades **A'** e **B'**. Suponha que a lente **L** seja girada de um ângulo  $\alpha$  em torno de um eixo perpendicular ao plano do papel e fique na posição **L\*** indicada na figura. Responda as questões, na figura da folha de respostas, utilizando os procedimentos e as aproximações da óptica geométrica. Faça as construções auxiliares a lápis e apresente o resultado final utilizando caneta.

- Indique com a letra **F** as posições dos focos da lente **L**.
- Represente, na mesma figura, a nova imagem **I\*** do objeto **O**, gerada pela lente **L\***, assinalando os extremos de **I\*** por **A\*** e por **B\***.



**Q.02**

Um recipiente cilíndrico contém **1,5 L** (litro) de água à temperatura de **40°C**. Uma tampa, colocada sobre a superfície da água, veda o líquido e pode se deslocar verticalmente sem atrito. Um aquecedor elétrico **E**, de **1800 W**, fornece calor à água. O sistema está isolado termicamente de forma que o calor fornecido à água não se transfere ao recipiente. Devido ao peso da tampa e à pressão atmosférica externa, a pressão sobre a superfície da água permanece com o valor  $P_0 = 1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Ligando-se o aquecedor, a água esquentará até atingir, depois de um intervalo de tempo  $t_A$ , a temperatura de ebulição (**100°C**). A seguir a água passa a evaporar, preenchendo a região entre a superfície da água e a tampa, até que, depois de mais um intervalo de tempo  $t_B$ , o aquecedor é desligado. Neste processo, **0,27 mol** de água passou ao estado de vapor.



|   |   |
|---|---|
| <b>NOTE/ADOTE</b> $1 \text{ Pa} = 1 \text{ pascal} = 1 \text{ N/m}^2$   | Massa de 1 mol de água: <b>18 gramas</b>  |
| Calor específico da água: <b>4.000 J/(°C.kg)</b>  | Massa específica da água: <b>1,0 kg/L</b> |
| Na temperatura de <b>100°C</b> e à pressão de $1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$ , 1 mol de vapor de água ocupa <b>30L</b> e o calor de vaporização da água vale <b>40.000 J/mol</b> . |   |

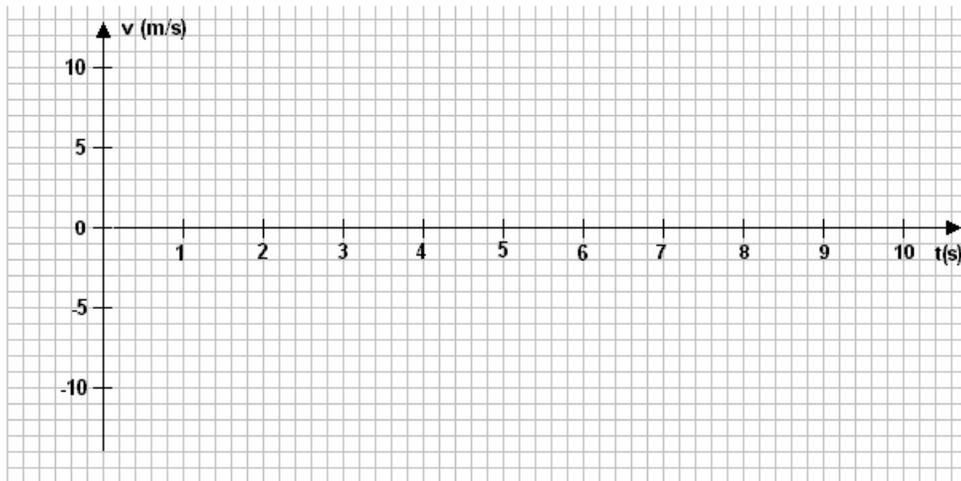
Determine

- o intervalo de tempo  $t_A$ , em segundos, necessário para levar a água até a ebulição.
- o intervalo de tempo  $t_B$ , em segundos, necessário para evaporar **0,27 mol** de água.
- o trabalho  $\tau$ , em joules, realizado pelo vapor de água durante o processo de ebulição.

**Q.03**

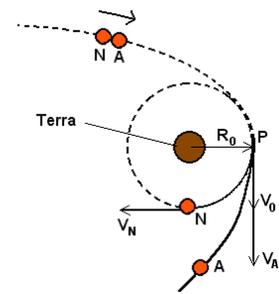
Considere uma bolinha, de pequeno raio, abandonada de uma certa altura, no instante  $t=0$ , a partir do repouso, acima de uma pesada placa metálica horizontal. A bolinha atinge a placa, pela primeira vez, com velocidade  $V = 10 \text{ m/s}$ , perde parte de sua energia cinética, volta a subir verticalmente e sofre sucessivos choques com a placa. O módulo da velocidade logo após cada choque vale 80% do módulo da velocidade imediatamente antes do choque (**coeficiente de restituição = 0,80**). A aceleração da gravidade no local é  $g = 10\text{m/s}^2$ . Suponha que o movimento ocorra no vácuo.

- Construa, na figura da folha de respostas, o gráfico da velocidade da bolinha em função do tempo, desde o instante  $t=0$ , em que ela é abandonada, até o terceiro choque com a placa. Considere positivas as velocidades com sentido para cima e negativas, as para baixo.
- Determine o módulo  $V_3$  da velocidade da bolinha logo após o terceiro choque.
- Analisando atentamente o gráfico construído, estime o instante  $T$ , a partir do qual a bolinha pode ser considerada em repouso sobre a placa.



**Q.04**

Alienígenas desejam observar o nosso planeta. Para tanto, enviam à Terra uma nave **N**, inicialmente ligada a uma nave auxiliar **A**, ambas de mesma massa. Quando o conjunto de naves se encontra muito distante da Terra, sua energia cinética e sua energia potencial gravitacional são muito pequenas, de forma que a energia mecânica total do conjunto pode ser considerada nula. Enquanto o conjunto é acelerado pelo campo gravitacional da Terra, sua energia cinética aumenta e sua energia potencial fica cada vez mais negativa, conservando a energia total nula. Quando o conjunto **N-A** atinge, com velocidade  $\mathbf{V}_0$  (a ser determinada), o ponto **P** de máxima aproximação da Terra, a uma distância  $\mathbf{R}_0$  de seu centro, um explosivo é acionado, separando **N** de **A**. A nave **N** passa a percorrer, em torno da Terra, uma órbita circular de raio  $\mathbf{R}_0$ , com velocidade  $\mathbf{V}_N$  (a ser determinada). A nave auxiliar **A**, adquire uma velocidade  $\mathbf{V}_A$  (a ser determinada). Suponha que a Terra esteja isolada no espaço e em repouso.

**NOTE/ADOTE**

1) A força de atração gravitacional  $\mathbf{F}$ , entre um corpo de massa  $\mathbf{m}$  e o planeta Terra, de massa  $\mathbf{M}$ , é

$$\text{dada por } \mathbf{F} = \frac{\mathbf{GMm}}{\mathbf{R}^2} = \mathbf{mg}_R .$$

2) A energia potencial gravitacional  $\mathbf{E}_P$  do sistema formado pelo corpo e pelo planeta Terra, com

$$\text{referencial de potencial zero no infinito, é dada por: } \mathbf{E}_P = \frac{-\mathbf{GMm}}{\mathbf{R}} .$$

$\mathbf{G}$ : constante universal da gravitação.

$\mathbf{R}$ : distância do corpo ao centro da Terra.

$\mathbf{g}_R$ : aceleração da gravidade à distância  $\mathbf{R}$  do centro da Terra.

Determine, em função de  $\mathbf{M}$ ,  $\mathbf{G}$  e  $\mathbf{R}_0$ ,

- a velocidade  $\mathbf{V}_0$  com que o conjunto atinge o ponto **P**.
- a velocidade  $\mathbf{V}_N$ , de **N**, em sua órbita circular .
- a velocidade  $\mathbf{V}_A$ , de **A**, logo após se separar de **N**.

**Q.05**

Um avião voa horizontalmente sobre o mar com velocidade  $V$  constante (a ser determinada). Um passageiro, sentado próximo ao centro de massa do avião, observa que a superfície do suco de laranja, que está em um copo sobre a bandeja fixa ao seu assento, permanece paralela ao plano da bandeja. Estando junto à janela, e olhando numa direção perpendicular à da trajetória do avião, o passageiro nota que a ponta da asa esquerda do avião tangencia a linha do horizonte, como mostra a figura A. O piloto anuncia que, devido a um problema técnico, o avião fará uma curva de  $180^\circ$  para retornar ao ponto de partida. Durante a curva, o avião se inclina para a esquerda, de um ângulo  $\theta = 30^\circ$ , sem que haja alterações no módulo de sua velocidade e na sua altura. O passageiro, olhando sempre na direção perpendicular à da velocidade do avião, observa que a ponta da asa esquerda permanece durante toda a curva apontando para um pequeno rochedo que aflora do mar, como representado na figura B. O passageiro também nota que a superfície do suco permaneceu paralela à bandeja, e que o avião percorreu a trajetória semicircular de raio  $R$  (a ser determinado), em  $90s$ . Percebe, então, que com suas observações, e alguns conhecimentos de Física que adquiriu no Ensino Médio, pode estimar a altura e a velocidade do avião.



Figura A



Figura B

Observações, e alguns conhecimentos de Física que adquiriu no Ensino Médio, pode estimar a altura e a velocidade do avião.

**NOTE/ADOTE**

$\pi=3$ ;  $\text{sen}30^\circ=0,5$ ;  $\text{cos}30^\circ=0,86$ ;  $\text{tg}30^\circ=0,6=1/1,7$

Aceleração da gravidade:  $g=10\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

As distâncias envolvidas no problema são grandes em relação às dimensões do avião.

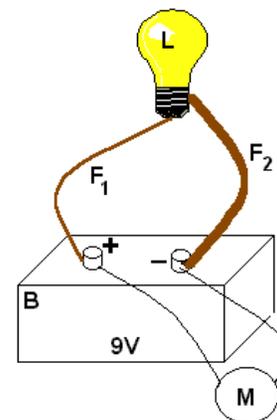
- Encontre uma relação entre  $V$ ,  $R$ ,  $g$  e  $\theta$ , para a situação descrita.
- Estime o valor da velocidade  $V$  do avião, em km/h ou m/s.
- Estime o valor da altura  $H$ , acima do nível do mar, em metros, em que o avião estava voando.

**Q.06**

Uma lâmpada  $L$  está ligada a uma bateria  $B$  por 2 fios,  $F_1$  e  $F_2$ , de mesmo material, de comprimentos iguais e de diâmetros  $d$  e  $3d$ , respectivamente. Ligado aos terminais da bateria, há um voltímetro ideal  $M$  (com resistência interna muito grande), como mostra a figura. Nestas condições a lâmpada está acesa, tem resistência  $R_L = 2,0 \Omega$  e dissipa uma potência igual a  $8,0W$ . A força eletromotriz da bateria é  $\mathcal{E} = 9,0V$  e a resistência do fio  $F_1$  é  $R_1 = 1,8 \Omega$ .

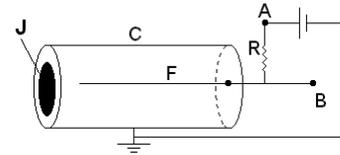
Determine o valor da

- corrente  $I$ , em ampères, que percorre o fio  $F_1$ .
- potência  $P_2$ , em watts, dissipada no fio  $F_2$ .
- diferença de potencial  $V_M$ , em volts, indicada pelo voltímetro  $M$ .



**Q.07**

A figura representa uma câmara fechada **C**, de parede cilíndrica de material condutor, ligada à terra. Em uma de suas extremidades, há uma película **J**, de pequena espessura, que pode ser atravessada por partículas. Coincidente com o eixo da câmara, há um fio condutor **F** mantido em potencial positivo em relação à terra. O cilindro está preenchido com um gás de tal forma que partículas alfa, que penetram em **C**, através de **J**, colidem com moléculas do gás podendo arrancar elétrons das mesmas. Neste processo, são formados íons positivos e igual número de elétrons livres que se dirigem, respectivamente, para **C** e para **F**. O número de pares elétron-ion formados é proporcional à energia depositada na câmara pelas partículas alfa, sendo que para cada **30eV** de energia perdida por uma partícula alfa, um par é criado. Analise a situação em que um número  $n = 2 \times 10^4$  partículas alfa, cada uma com energia cinética igual a **4,5MeV**, penetram em **C**, a cada segundo, e lá perdem toda a sua energia cinética. Considerando que apenas essas partículas criam os pares elétron-ion, determine

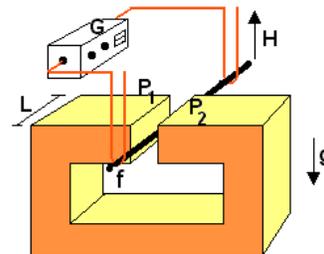
**NOTE/ADOTE**

- 1) A carga de um elétron é  $e = -1,6 \times 10^{-19} \text{C}$
- 2) **elétron-volt (eV)** é uma unidade de energia
- 3)  $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$

- a) o número **N** de elétrons livres produzidos na câmara **C** a cada segundo.
- b) a diferença de potencial **V** entre os pontos **A** e **B** da figura, sendo a resistência  $R = 5 \times 10^7 \Omega$ .

**Q.08**

O ímã representado na figura, com largura  $L = 0,20 \text{ m}$ , cria, entre seus pólos, **P**<sub>1</sub> e **P**<sub>2</sub>, um campo de indução magnética **B**, horizontal, de intensidade constante e igual a **1,5T**. Entre os pólos do ímã, há um fio condutor **f**, com massa  $m = 6,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ , retilíneo e horizontal, em uma direção perpendicular à do campo **B**. As extremidades do fio, fora da região do ímã, estão apoiadas e podem se mover ao longo de guias condutores, verticais, ligados a um gerador de corrente **G**. A partir de um certo instante, o fio **f** passa a ser percorrido por uma corrente elétrica constante  $I = 50 \text{ A}$ . Nessas condições, o fio sofre a ação de uma força **F**<sub>0</sub>, na direção vertical, que o acelera para cima. O fio percorre uma distância vertical  $d = 0,12 \text{ m}$ , entre os pólos do ímã e, a seguir, se desconecta dos guias, prosseguindo em movimento livre para cima, até atingir uma altura máxima **H**.

**NOTE/ADOTE**

- 1) Um fio condutor retilíneo, de comprimento **C**, percorrido por uma corrente elétrica **I**, totalmente inserido em um campo de indução magnética de módulo **B**, perpendicular à direção do fio, fica sujeito a uma força **F**, de módulo igual a **BIC**, perpendicular à direção de **B** e à direção do fio.
- 2) Aceleração da gravidade  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- 3) Podem ser desprezados os efeitos de borda do campo **B**, o atrito entre o fio e os guias e a resistência do ar.

Determine

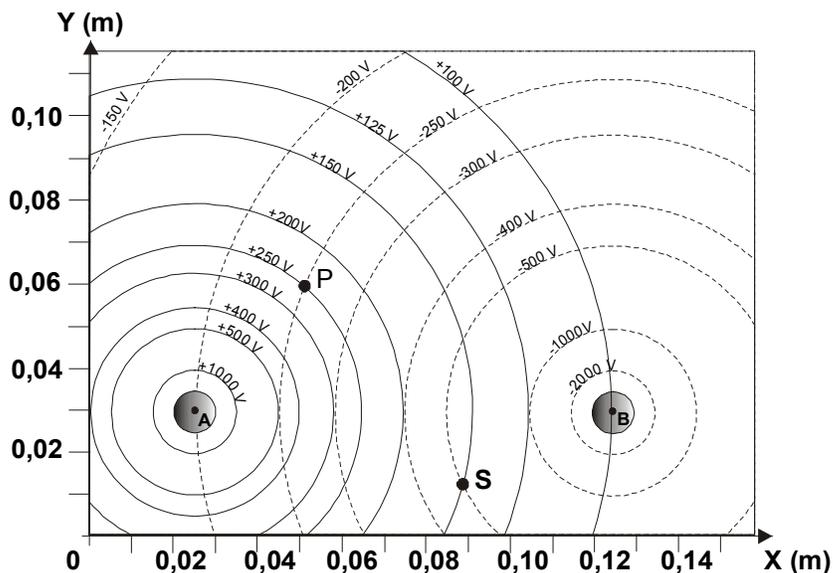
- a) o valor da força eletromagnética **F**<sub>0</sub>, em newtons, que age sobre o fio.
- b) o trabalho total **T**, em joules, realizado pela força **F**<sub>0</sub>.
- c) a máxima altura **H**, em metros, que o fio alcança, medida a partir de sua posição inicial.

**Q.09**

Duas pequenas esferas metálicas, **A** e **B**, são mantidas em potenciais eletrostáticos constantes, respectivamente, positivo e negativo. As linhas cheias do gráfico na folha de resposta representam as intersecções, com o plano do papel, das superfícies equipotenciais esféricas geradas por **A**, quando não há outros objetos nas proximidades. De forma análoga, as linhas tracejadas representam as intersecções com o plano do papel, das superfícies equipotenciais geradas por **B**. Os valores dos potenciais elétricos dessas superfícies estão indicados no gráfico. As questões se referem à situação em que **A e B estão na presença uma da outra, nas posições indicadas no gráfico**, com seus centros no plano do papel.

**NOTE/ADOTE** Uma esfera com carga **Q** gera, fora dela, a uma distância **r** do seu centro, um potencial **V** e um campo elétrico de módulo **E**, dados pelas expressões:  
 $V = K (Q/r)$      $E = K (Q/r^2) = V/r$     **K** = constante;    1 volt / metro = 1 newton / coulomb

- Trace, **com caneta**, em toda a extensão do gráfico da folha de respostas, a linha de potencial **V=0**, quando as duas esferas estão nas posições indicadas. Identifique claramente essa linha por **V=0**.
- Determine, em volt / metro, utilizando dados do gráfico, os módulos dos campos elétricos **E<sub>PA</sub>** e **E<sub>PB</sub>** criados, no ponto **P**, respectivamente, pelas esferas **A** e **B**.
- Represente, em uma escala conveniente, no gráfico, com origem no ponto **P**, os vetores **E<sub>PA</sub>**, **E<sub>PB</sub>** e o vetor campo elétrico **E<sub>P</sub>** resultante em **P**. Determine, a partir desta construção gráfica, o módulo de **E<sub>P</sub>**, em volt / metro.
- Estime o módulo do valor do trabalho **τ**, em joules, realizado quando uma pequena carga **q=2,0nC** é levada do ponto **P** ao ponto **S**, indicados no gráfico. (**2,0nC=2,0 nanocoulombs =2,0 x 10<sup>-9</sup>C**).



**Q.10**

Uma onda sonora plana se propaga, em uma certa região do espaço, com velocidade  $V=340\text{m/s}$ , na direção e sentido do eixo  $y$ , sendo refletida por uma parede plana perpendicular à direção de propagação e localizada à direita da região representada no gráfico da folha de respostas. As curvas **I** e **R** desse gráfico representam, respectivamente, para as ondas sonoras incidente e refletida, a diferença entre a pressão  $P$  e a pressão atmosférica  $P_0$ , ( $P - P_0$ ), em função da coordenada  $y$ , no instante  $t=0$ . As flechas indicam o sentido de propagação dessas ondas.

- Determine a frequência  $f$  da onda incidente.
- Represente, com caneta, no gráfico da folha de respostas, a curva de  $P - P_0$ , em função de  $y$ , no instante  $t=0$ , para a onda sonora resultante da superposição, nesta região do espaço, das ondas incidente e refletida. (Represente ao menos um ciclo completo).
- Uma pessoa caminhando lentamente ao longo da direção  $y$  percebe, com um de seus ouvidos (o outro está tapado), que em algumas posições o som tem intensidade máxima e em outras tem intensidade nula. Determine uma posição  $y_0$  e outra  $y_m$ , do ouvido, onde o som tem intensidade nula e máxima, respectivamente. Encontre, para a onda resultante, o valor da amplitude  $A_m$ , de  $P - P_0$ , em pascals, na posição  $y_m$ .

