

FUVEST 2003

Segunda Fase

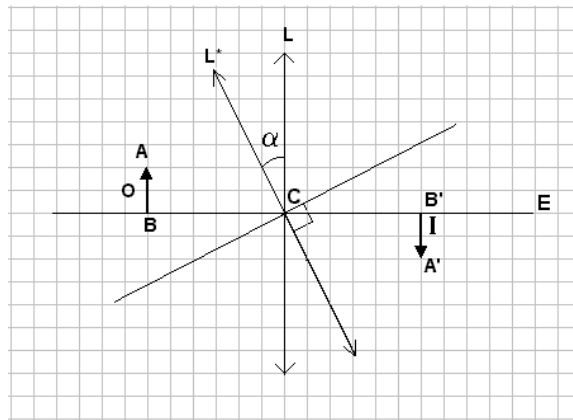
Física

08/01/2003

Q.01

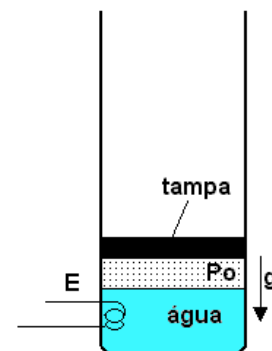
A figura na folha de respostas representa, na linguagem da óptica geométrica, uma lente **L** de eixo **E** e centro **C**, um objeto **O** com extremidades **A** e **B**, e sua imagem **I** com extremidades **A'** e **B'**. Suponha que a lente **L** seja girada de um ângulo α em torno de um eixo perpendicular 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 esquentar 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.



NOTE/ADOTE $1 \text{ Pa} = 1 \text{ pascal} = 1 \text{ N/m}^2$

Calor específico da água: **4.000 J/(°C.kg)**

Na temperatura de **100°C** e à pressão de **$1,00 \times 10^5 \text{ Pa}$** , 1 mol de vapor de água ocupa **30L** e o calor de vaporização da água vale **40.000J/mol**.

Massa de 1 mol de água: **18 gramas**

Massa específica da água: **1,0 kg/L**

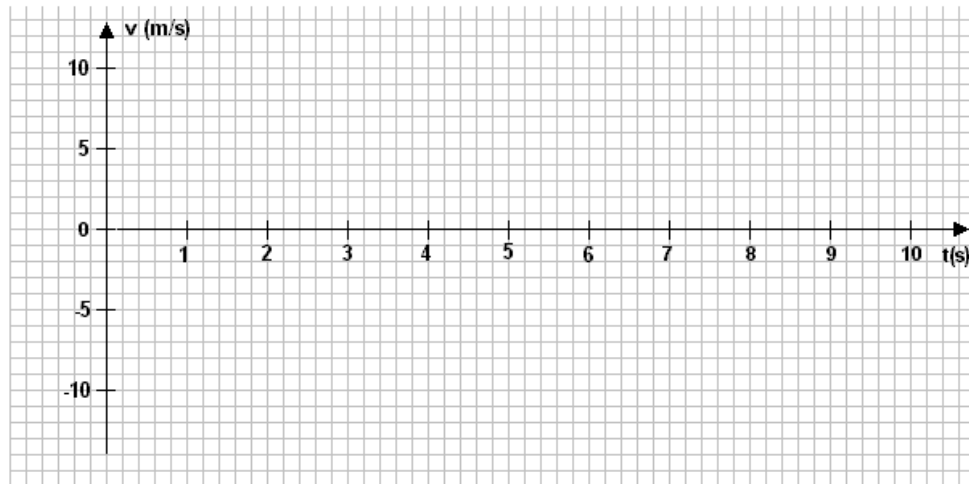
Determine

- 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 **τ** , em joules, realizado pelo vapor de água durante o processo de ebulição.

Q.03

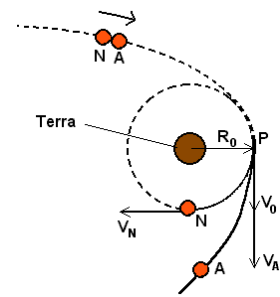
Considere uma bolinha, de pequeno raio, abandonada de uma certa altura, no instante $t=0$, a partir do repouso, acima de uma pesada placa metálica horizontal. A bolinha atinge a placa, pela primeira vez, com velocidade $V = 10 \text{ m/s}$, perde parte de sua energia cinética, volta a subir verticalmente 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

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

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

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

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

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

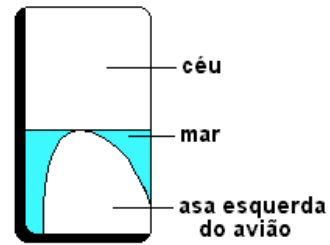
$\mathbf{g}_R$: aceleração da gravidade à distância $\mathbf{R}$ do centro da Terra.

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° 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****NOTE/ADOTE**

$$\pi=3; \quad \sin 30^\circ=0,5; \quad \cos 30^\circ=0,86; \quad \tan 30^\circ=0,6=1/1,7$$

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

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

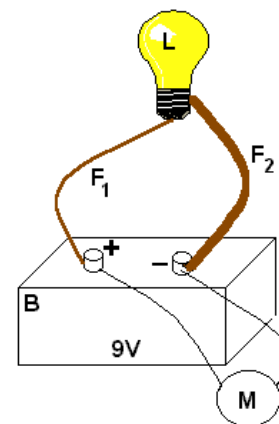
- Encontre uma relação entre V , R , g e θ , para a situação descrita.
- Estime o valor da velocidade V do avião, em km/h ou m/s.
- Estime o valor da altura H , acima do nível do mar, em metros, em que o avião estava voando.

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 $R_1 = 1,8 \, \Omega$.

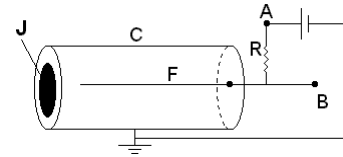
Determine o valor da

- 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

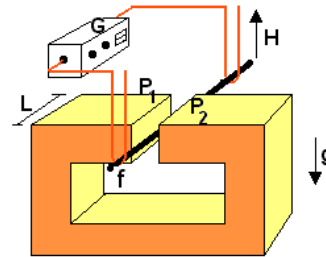
**NOTE/ADOTE**

- 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**₁ e **P**₂, 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**₀, 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**₀, em newtons, que age sobre o fio.
- b) o trabalho total **T**, em joules, realizado pela força **F**₀.
- c) a máxima altura **H**, em metros, que o fio alcança, medida a partir de sua posição inicial.

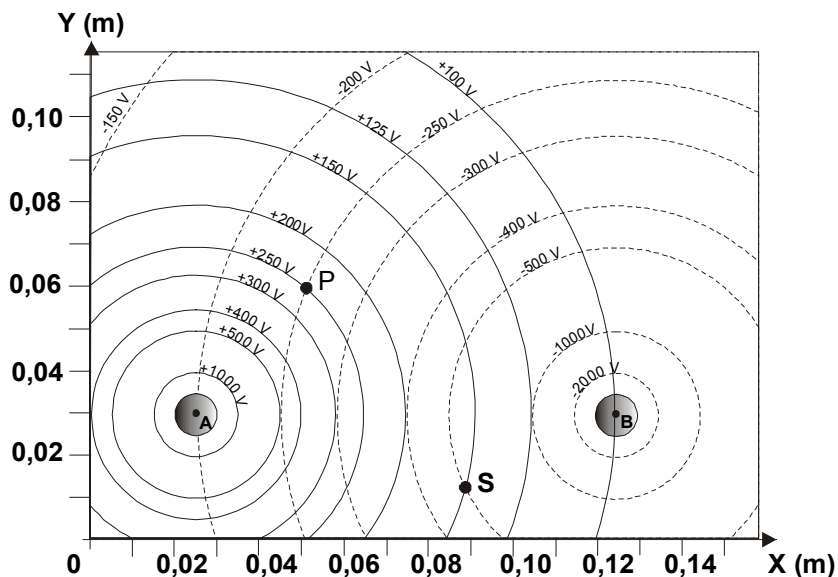
Q.09

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:

$$V = K (Q/r) \quad E = K (Q/r^2) = V/r \quad K = \text{constante}; \quad 1 \text{ volt / metro} = 1 \text{ newton / coulomb}$$

- 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_{PA}** e **E_{PB}** 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_{PA}**, **E_{PB}** e o vetor campo elétrico **E_P** resultante em **P**. Determine, a partir desta construção gráfica, o módulo de **E_P**, 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 10⁻⁹C**).



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 .

