

OLIMPÍADA BRASILEIRA DE FÍSICA 2007



3ª FASE

PROVA PARA ALUNOS DO 3º ANO

LEIA ATENTAMENTE AS INSTRUÇÕES ABAIXO:

1. Essa prova destina-se exclusivamente a alunos do 3º ano.
2. A prova contém oito (8) questões e **TODAS DEVEM SER RESOLVIDAS**.
3. A duração da prova é de **quatro horas**.
4. Para a resolução das questões dessa prova use, quando for o caso, os seguintes dados:
 - g (na superfície da terra) = **10 m/s²**
 - $k_0 = 9,0 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{C^2}$ (constante de proporcionalidade na lei de Coulomb)

01. Dois carrinhos A e B idênticos estão ligados rigidamente por uma barra e juntos (carrinho A + carrinho B + barra) têm a massa de 4 kg . Dois carrinhos C e D , de massas $M_C = 2\text{ kg}$ e $M_D = 2\text{ kg}$, são colocados em repouso entre os carrinhos A e B , a iguais distâncias (Figura 1).

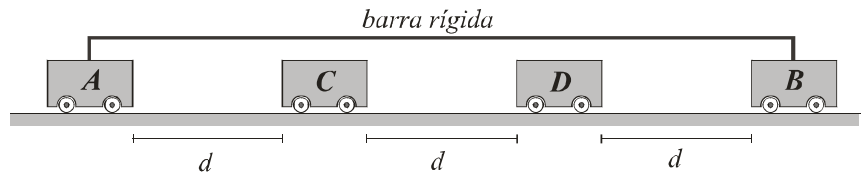


Fig. 1

Sabendo que a velocidade de A e B é de 3 m/s para a direita, e considerando que o atrito entre as rodas dos carrinhos e o solo é desprezível, responda:

- Se a colisão entre A e C for perfeitamente **inelástica** (C fica “grudado” em A) e, entre C e D for perfeitamente **elástica**, qual será a velocidade final do sistema sabendo que a colisão entre D e B também será perfeitamente **inelástica** (D fica “grudado” em B)?
- Qual a velocidade final do sistema considerando a colisão entre A e C perfeitamente **inelástica**, e entre C e D também perfeitamente **inelástica**? Compare essa velocidade com aquela obtida no item (a). Explique o resultado.

02. Sendo dada a expressão de uma onda sob a forma $F = A\cos(\omega t - \beta z)$, sabe-se que β e v estão relacionados por

$\beta v = \omega$, em que v é a velocidade de propagação da onda. Sabendo que uma onda com velocidade $v = 10^6\text{ m/s}$ é descrita por

$$y = 10\cos(4z + \omega t),$$

onde y e z são dados em metros e t em segundos, pede-se:

- O comprimento de onda (λ)
- Um esboço (gráfico) da onda em função de z , para $t = t_0 = 0$.
- O cálculo da fração de comprimento de onda que ela caminha entre os instantes $t = t_0 = 0$ e $t = t_1 = 0,523 \times 10^{-6}\text{ seg}$.

Sugestão: para obter o esboço (gráfico), considere os pontos y para

$$z = 0, \frac{\lambda}{4}, \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{4} \text{ e } \lambda.$$

03. Um dos resultados da Mecânica é que em um corpo extenso que não apresenta modificação em seu estado de repouso ou movimento, a resultante das forças e o momento resultante são nulos. Já a eletrostática ensina que a intensidade da força entre duas cargas puntiformes (pontuais) varia com o inverso do quadrado da distância entre elas, e é diretamente proporcional ao produto dos valores absolutos das cargas. Considerando esses resultados, suponha que no laboratório foi montada a experiência mostrada na figura 2. Nessa figura, a haste AB tem massa m , comprimento L e seu ponto médio repousa sobre um suporte fixo ao teto. Nas extremidades A e B da haste, encontram-se cargas de valor Q . Fixados à bancada, estão dois suportes a e b , em cujas extremidades há cargas de valores $-5Q$ e $-6Q$, respectivamente. Os suportes e a haste são de material apropriado para que as cargas se

mantenham concentradas nos pontos indicados. A experiência é montada de tal forma que somente a força elétrica entre as cargas de A e a , e a força elétrica entre as cargas de B e b , sejam consideradas. Nessas condições observa-se que, para a haste AB permanecer na horizontal, é preciso pendurar nela um corpo de massa M , no ponto situado à distância $L/3$ de seu ponto médio. Sendo D a distância entre as cargas de A e a , e de B e b , pede-se:

- A massa M do corpo em função da distância D e da carga Q ;
- Sabendo o valor da carga elementar $e = 0,16 \times 10^{-18} \text{ C}$ e que, quando a distância $D = 30 \text{ cm}$ a massa M do corpo, usado para manter a haste na horizontal, é igual a $0,1536 \text{ kg}$, determine o número de cargas elementares em Q .

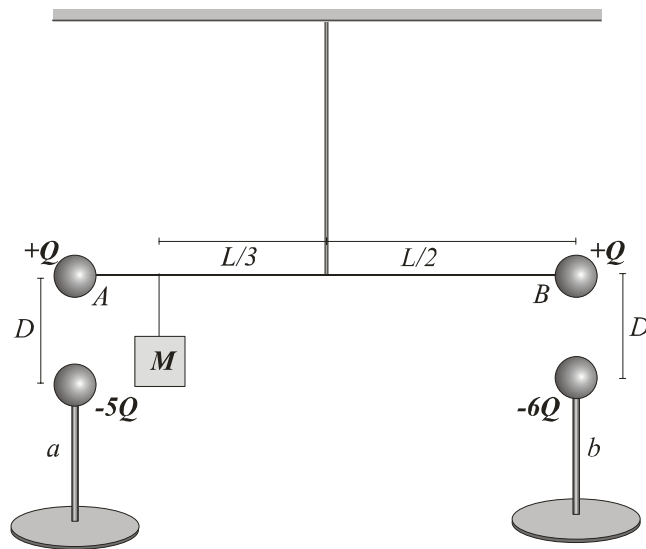


Fig. 2

04. Sabe-se que o campo magnético produzido por uma espira circular de raio R , no eixo de simetria, quando essa espira é percorrida por uma corrente i no sentido indicado na figura 3a (para simplificar o restante do circuito que completaria a espira não está sendo mostrado) é dado por,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i R^2}{2} \frac{\vec{k}}{(z^2 + R^2)^{3/2}}$$

onde μ_0 é a permeabilidade magnética do vácuo, cujo valor no SI é $4\pi \times 10^{-7} \text{ N/A}^2$.

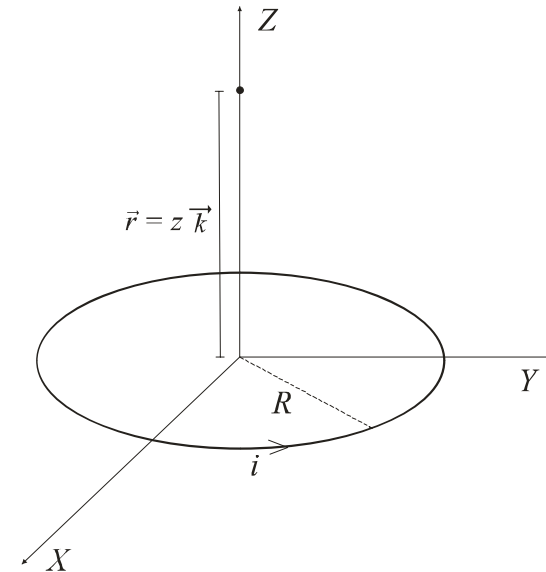


Fig. 3a

Considere a configuração¹ apresentada na Fig. 3b, em que há duas espiras A e D , de mesmo raio R , separadas por uma distância ℓ e percorridas pela corrente i , como indicado.

¹ Bobina de Helmholtz -K.D. Machado – Teoria do Eletromagnetismo – Ed. UEPG(2002)

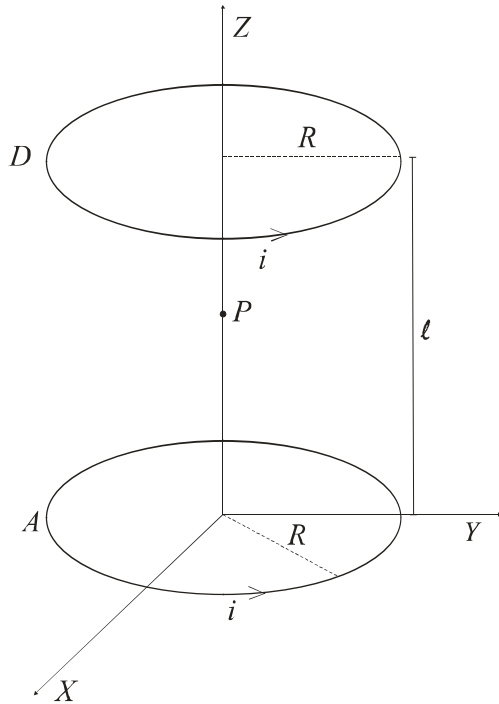


Fig. 3b

- Determine a expressão do campo magnético produzido pelas espiras no ponto P , em função da coordenada z do ponto P e da distância ℓ , sabendo que a espira A encontra-se no plano xy ;
- Análise o campo magnético considerando a situação em que a distância ℓ diminui e tende a zero.
- Explique os resultados obtidos nas situações seguintes:
 - $\ell = 0, z \neq 0$
 - $\ell = 0, z = 0$;
 - $\ell = z, z \neq 0$;

05. Uma máquina térmica tem rendimento 20% menor do que uma máquina de Carnot que opera entre as temperaturas $T_1 = 300 \text{ K}$ e $T_2 = 600 \text{ K}$. A quantidade de calor por unidade de tempo recebida pela máquina é igual à que ocorre quando uma parede de 10 cm de espessura, área de 2 m^2 e condutividade térmica de 50 W/(m K) é submetida a uma diferença de temperatura de 500 K .

- Determine a potência desta máquina.
- Que quantidade de gelo a -20°C seria possível derreter usando a quantidade de calor descartada pela máquina, durante um tempo de 10 minutos ?

06 - Certa quantidade de gás Hélio, inicialmente no estado A , em que a pressão e o volume valem $P_A = 32 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ e $V_A = 1 \text{ m}^3$, sofre o processo $A \rightarrow B \rightarrow C$. O processo $A \rightarrow B$ é isobárico e $B \rightarrow C$ é adiabático. Considere o gás ideal e que, para o Hélio, $c_v = 3R/2$ e $c_p = 5R/2$ são os calores específicos molares a volume e a pressão constante, respectivamente.

- Construa o diagrama PV , sabendo que o volume do gás no estado B é $V_B = 2 \text{ m}^3$ e a pressão no estado C é $P_C = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$.
- Quanto trabalho foi realizado pelo gás na expansão $A \rightarrow C$?
- Qual a variação na energia interna do gás de $A \rightarrow C$?

Observação: Num processo adiabático, o trabalho realizado (ou recebido)

pelo gás entre os estados $1 \rightarrow 2$ é dado por: $\Delta\tau = \frac{1}{1-\gamma}(P_2 V_2 - P_1 V_1)$,

onde $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ é o fator de Poisson.

07. Uma moeda se encontra exatamente na parte central do fundo de um tanque de água montado sobre a carroceria de um caminhão. Um rapaz que observa a moeda, segundo um ângulo α em relação à normal à superfície do líquido, mede uma profundidade aparente de 50 cm . Em certo instante o caminhão move-se para frente com aceleração constante e o rapaz, observando a moeda com o mesmo ângulo α em relação à normal à superfície do líquido (que agora está inclinada), atribui uma profundidade aparente de $25\sqrt{3} \text{ cm}$. Determine a aceleração do caminhão.

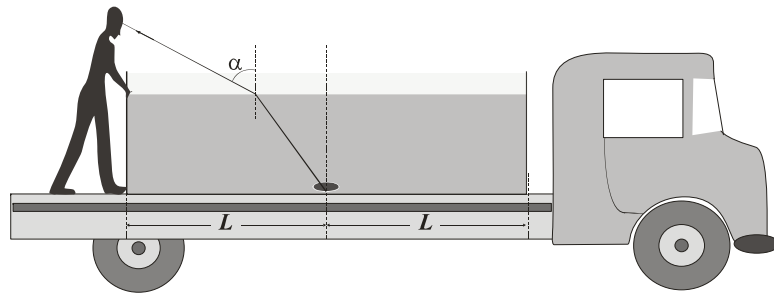


Fig. 4

08. Na Teoria Corpuscular da Luz há uma famosa expressão matemática de Einstein e Planck. Por essa expressão, em qualquer feixe de luz de frequência f , cada fóton tem energia $E = hf$, onde h é a chamada constante de Planck e tem valor igual a $6,62 \times 10^{-34} \text{ Joule} \times \text{segundo}$. Na figura 5 encontra-se o espectro eletromagnético com a indicação dos comprimentos de onda (λ). Nessa figura, nota-se que a região do visível tem comprimentos de onda entre $0,4 \times 10^{-6} \text{ m}$ e $0,7 \times 10^{-6} \text{ m}$ (lembre-se que $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$), e que os comprimentos de onda na região de ondas de rádio variam na ordem de 10 cm a 10 km .

- a) Considerando essas informações calcule, em elétron-volts (eV) (lembre-se que $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Joules}$), a energia dos fótons

de uma onda de rádio de comprimento $\lambda = 310 \text{ m}$, e o intervalo de energia em que variam as energias dos fótons do visível.

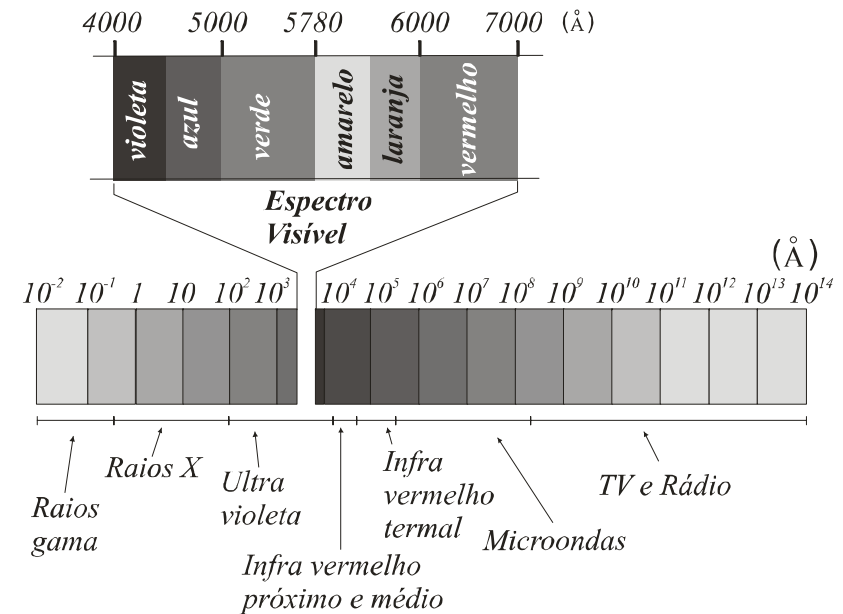


Fig. 5

- b) O fato da energia de um fóton, na região de ondas de rádio, ser muito pequena significa que um sinal de rádio, para ser detectado, precisa conter um número muito grande de fótons. Determine o número de fótons necessários para que se tenha, no caso da onda de rádio de comprimento $\lambda = 310 \text{ m}$, a energia de 40 eV .
- c) Sabendo que o comprimento de onda da luz obedece a relação $\lambda = \frac{c}{f}$, onde $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ é a velocidade da luz, e que a energia do fóton é dada pela relação citada acima, obtenha a expressão do comprimento de onda λ , expresso em Å, em função da energia dada em elétron-volts.