2ª Prova de Seleção para as Olimpíadas Internacionais de Física 2012
(12 de novembro de 2011)

Caderno de Questões – Instruções

1. Este caderno contém **CINCO** folhas, incluindo esta com as instruções. Confira antes de começar a resolver a prova.

2. A prova é composta por **TRES** questões. Cada questão tem o valor indicado no seu início (que pode estar divida em itens). A prova tem valor total de **100 pontos**.

3. As respostas deverão ser transcritas no caderno de resposta, de acordo com as instruções nele contidas. **Utilize somente o texto necessário para a compreensão da solução.**

4. É permitido apenas o uso de lápis, caneta, régua e borracha. O uso do lápis e da borracha é permitido apenas no rascunho e no auxílio para a construção de gráficos, se necessário. **Não e permitido o uso de calculadoras e telefones celulares durante a prova.**

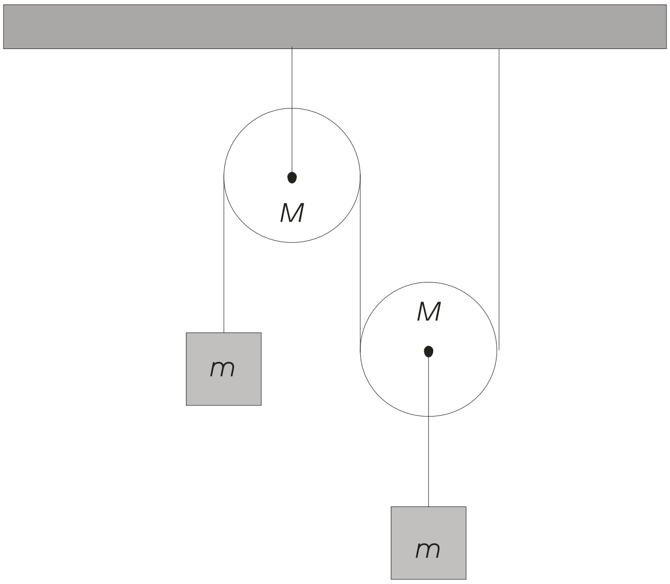
5. **Este caderno deverá ser devolvido ao final da prova.**

6. O estudante deverá permanecer na sala, **no mínimo**, 90 minutos.

7. A prova tem duração de **QUATRO HORAS**

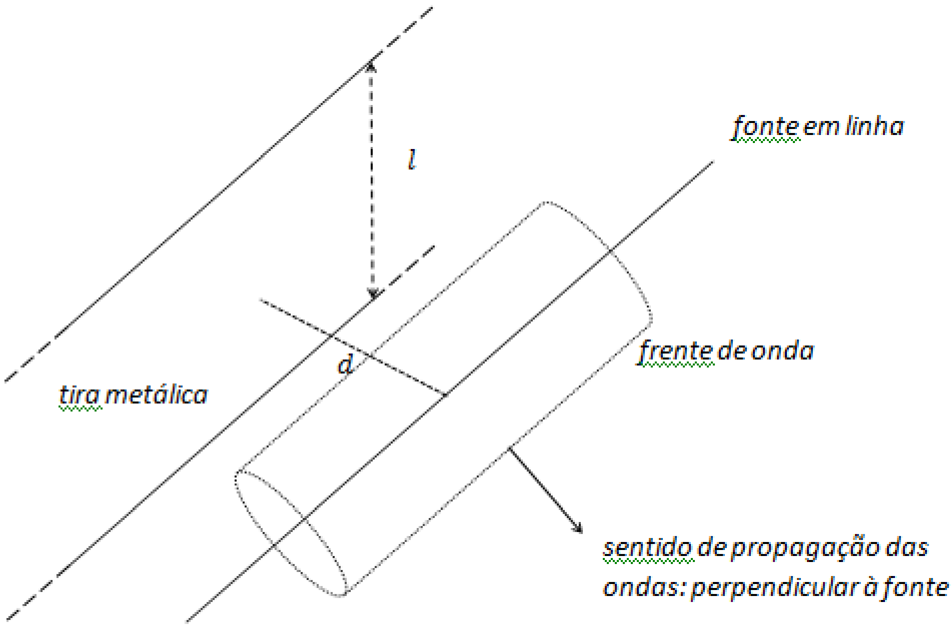
Nome:	Série:
Nº e tipo de documento de identificação apresentado:	
Nome da Escola:	
Cidade:	Estado:
e-mail:	
Assinatura	

QUESTÃO 1 (30 pontos) – Considere duas polias idênticas de massa *M* e dois corpos também idênticos de massa *m* dispostos como indicado na figura abaixo. Todos os fios utilizados no sistema são ideais (não tem massa e são inextensíveis). Considere a aceleração gravitacional local como *g*.



a) **(10 pontos)** Determine a aceleração das massas *m* no caso em que (*M=0*).
b) **(20 pontos)** Determine a aceleração das massas *m* para *M≠0*. Faça *M=0* na expressão obtida e reproduza o resultado do item (a).

QUESTÃO 2 (35 pontos) – Uma fonte em linha de ondas eletromagnéticas está próxima a uma tira metálica infinita e paralela a esta, conforme ilustra a figura abaixo:

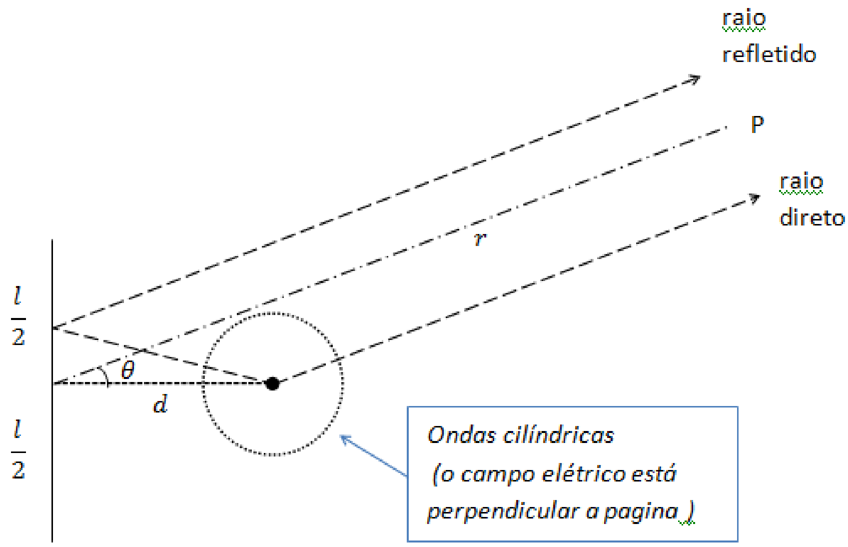


A largura da tira é *l* e sua distancia até a fonte é *d*. A fonte produz ondas cilíndricas com o campo elétrico paralelo à ela. Considere que o campo elétrico, produzido pela fonte, seja harmônico e a uma distancia *d* (da fonte) sua intensidade seja:

$$E = E_0 sen\omega t$$

onde $\omega = 2\pi f = 2\pi c/\lambda$ é a freqüência angular e λ é o comprimento de onda.

Veja o seguinte esquema, no qual a fonte está perfurando a página:



Seja E_d o campo elétrico da onda que chega *direto* da fonte e E_r o campo da onda que foi *refletida*. Assuma que $\lambda \ll d\ e\ l$, de modo que valham os princípios da ótica geométrica e, além disto, possamos desprezar a difração nas bordas da tira condutora.

Deseja-se saber o campo elétrico E num ponto P muito distante, a uma distancia r do centro da tira e a um ângulo θ, representados no esquema anterior, de modo que possamos considerar os raios diretos e refletidos, que chegam nesse ponto, praticamente paralelos.

a) **(5 pontos)** Calcule o campo direto $E_d(r,\theta)$ para pontos $P(r,\theta)$ muito distantes, em função de *r, θ,* do tempo *t* e dos parâmetros básicos do problema como *d, l, E_0 e ω.*
b) **(5 pontos)** Calcule o campo refletido $E_r(r,\theta)$ que chega aos mesmos pontos *P*, em função dos mesmos parâmetros e variáveis.
c) **(10 pontos)** Calcule o campo elétrico total $E(r,\theta)$ para pontos muito distantes, em função dos mesmos parâmetros e variáveis.
d) **(15 pontos)** Suponha que se coloque um anteparo muito afastado da fonte e paralelo a tira metálica. Mostre que a intensidade relativa da onda eletromagnética no anteparo, I/I_0, é dado por, aproximadamente,

$$I/I_0 = \left[\frac{sen(kdcos\theta)}{sen(kd)}\right]^2$$

Onde k é o numero de onda $2\pi/\lambda$, I é a intensidade num dado ângulo θ e I_0 é a intensidade no centro do anteparo, isto é, para $\theta = 0$. Observe que se está falando de *intensidade média*, isto é, o valor médio das intensidades sobre o tempo.

Note que embora *kd* seja muito grande (já que *d* $>>\lambda$), $cos\theta$ varia muito pouco perto de $\theta = 0$, de modo que pode ser possível obter um espectro de interferência bem definido no anteparo, se restringirmo-nos a um intervalo suficientemente pequeno de ângulo em torno do 0.

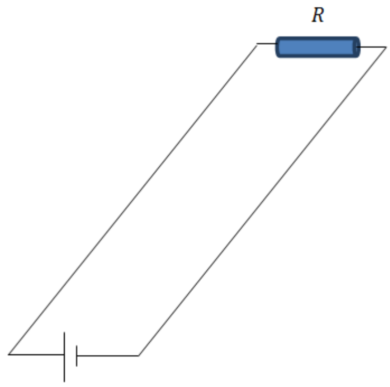
QUESTÃO 3 (35 pontos) – Da teoria do eletromagnetismo de Maxwell que a energia carregada por uma onda eletromagnética é representada pelo *vetor de Poynting*

$$\vec{S} = \frac{1}{\mu_0}\vec{E} \times \vec{B}$$

Sendo que seu sentido indica o sentido do fluxo de energia e seu módulo representa a energia por unidade de tempo e área (perpendicular a sua direção) que passa por este elemento de área.

Desta forma seria de se esperar que a integral do produto escalar $\vec{S} \cdot d\vec{A}$ sobre uma dada superfície representasse a potencia atravessando tal superfície. No entanto isso nunca foi demonstrado para campos estáticos (apenas para ondas/campos que se propagam). Mas algo já demonstrado é o *teorema de Poynting*, que diz que a integral de $\vec{S} \cdot d\vec{A}$ sobre uma superfície fechada é igual a potencia saindo desse volume compreendido pela superfície.

Considere o seguinte circuito, formado por um resistor de resistência R e um gerador de fem constante ε ligados por dois fios condutores perfeitos paralelos e muito longos:



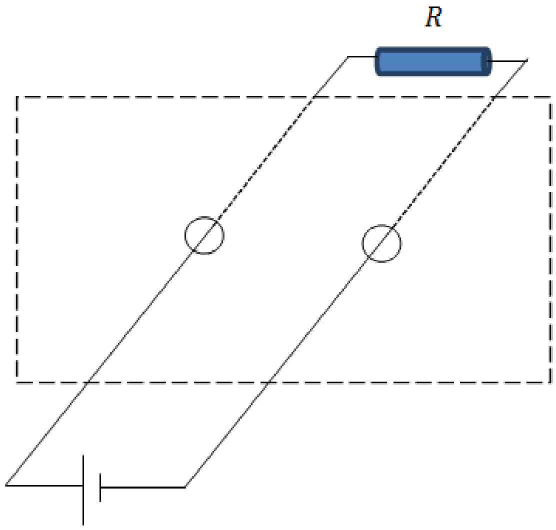
Já foi mostrado que a teoria eletromagnética é capaz de chegar nos resultados da teoria de circuitos, com muito mais precisão, embora com muito mais dificuldade (não tirando, pois, o credito da teoria de circuitos).

Na teoria de circuitos costuma-se pensar que a energia dissipada no resistor sai da bateria e é transportada pelos fios que os ligam. No entanto, o eletromagnetismo diz que, na verdade, a energia sai da bateria e se propaga pelo espaço até chegar ao resistor, onde será dissipada na forma de calor, sendo que os fios só servem como um guia para a energia, sem que nenhuma energia de fato vá dentro deles.

a) **(5 pontos)** Vamos assumir que o vetor de Poynting realmente indique o sentido do fluxo de energia num dado ponto, mesmo para campos estáticos. Mostre que na região entre os fios ideais há um fluxo de energia que vai da bateria até o resistor e mostre também que o fluxo de energia no interior dos fios ideais é nulo.

b) **(10 pontos)** Usando o teorema de Poynting, prove para um resistor cilíndrico que a potencia total penetrando pela sua superfície (de fora para dentro) é justamente o previsto pela teoria de circuito, RI^2, sendo R sua resistência e I a corrente passando por ele. Considere que o resistor é homogêneo (e que a corrente se distribua homogeneamente por sua secção).

c) **(10 pontos)** Suponha que uma gigantesca chapa condutora perfeita seja colocada entre a bateria e o resistor com apenas dois pequenos furos para passarem os fios ideais, sem fazer contato com eles.



Suponha que a chapa se entenda infinitamente. Com a visão eletromagnetismo, de que a energia viaja pelo espaço e não por dentro do fio, esperar-se-ia que toda a energia teria que passar pelos pequenos furos na chapa, já que um condutor perfeito blinda completamente a passagem da energia eletromagnética. Mostre que mesmo assim os resultados são compatíveis como o da teoria de circuitos, isto é, o campo elétrico realmente aumenta nas proximidades dos furos. Prove ainda que se os furos forem muito pequenos (isto é, o raio do furo é aproximadamente igual ao raio dos fios ideais), então a potencia que passa da bateria para o resistor continua sendo εI, como esperado pela teoria de circuitos.

d) **(10 pontos)** Se os furos forem fechados até tocarem nos fios ideais, então a energia que sai da bateria seria completamente blindada pela chapa e nenhuma energia seria dissipada no resistor. Isto está de acordo com a teoria de circuitos? Explique.

Produto Escalar entre dois vetores:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$

Produto Vetorial entre dois vetores:

$$\vec{a} \times \vec{b} = (a_y b_z - a_z b_y)\hat{x} + (a_z b_x - a_x b_z)\hat{y} + (a_x b_y - a_y b_x)\hat{z}$$