

# Problemas Olímpicos

## Soluções do Número Anterior

**1** Divida a placa paralela em  $k$  fatias finas, cada uma com a mesma espessura e com suas superfícies paralelas às superfícies planas da placa. Se  $k$  for muito grande, cada fatia pode ser considerada como tendo um índice de refração constante, característico daquela fatia.

Considere a superfície entre as camadas  $k$  e  $k + 1$ . Neste caso

$$n_k \sin i_k = n_{k+1} \sin r_{k+1},$$

que é verdade para qualquer valor de  $k$ . Desta forma, com o raio refratado por uma camada será o raio incidente na próxima camada,

$$n_A \sin i = n_1 \sin r_1 = n_1 \sin i_1 = n_2 \sin r_2 = n_2 \sin i_2 = \dots = n_{k-1} \sin i_{k-1} = n_B \sin r$$

e portanto  $n_A \sin i = n_B \sin r$ .

**2** Como o sistema é fechado, vemos que seu momento é nulo. Sendo ainda  $m_1 = 3m_2$ ,

$$m_1 \vec{v} + m_2 (-3\vec{v}) = 0$$

O fato de o momento total ser nulo significa que o centro de massa não se move. Para o caso de um sistema de duas partículas, o centro de massa está não só está localizado na linha que conecta os dois corpos como divide este segmento na razão inversa de suas massas. Primeiro desenhamos a linha AB conectando as duas partículas no instante em que  $\vec{v}_{m_2} = -3\vec{v}_{m_1}$ . Dividimos então este segmento em quatro partes iguais. Um quarto deste segmento, medido a partir da partícula

1 localiza o centro de massa do sistema que está em repouso. Qualquer ponto da trajetória da primeira partícula, por exemplo, o ponto  $A_1$ , pode ser conectado por um segmento de reta passando pelo centro de massa. A posição da partícula 2 estará, portanto, neste instante, a uma distância  $OB_1 = 3A_1O$ . Repetindo este procedimento podemos traçar a trajetória da partícula 2, como mostrado abaixo.

**3** Como os componentes estão ligados em série, uma mesma corrente flui tanto no capacitor como na bobina. Resulta então que a voltagem entre eles tem oposição de fases. Segue daí que a diferença destas voltagens é igual à voltagem da fonte de tensão. Isso ocorrerá quando  $V_c = 0$  (capacitância infinitamente grande) ou quando  $V_c = 440$  V. Neste último caso a impedância capacitiva do capacitor será o dobro da impedância indutiva da bobina

$$\frac{1}{\omega C} = 2\omega L$$

resultando em (lembre-se que  $\omega = 2\pi f$ )

$$C = \frac{1}{2\omega^2 L} = \frac{1}{8\pi^2 f^2 L} = 5 \mu F$$

O valor da capacitância perigoso corresponde ao caso quando as impedâncias indutiva e capacitiva forem iguais,  $C_{\text{proibido}} \sim 10 \mu F$ , quando o sistema entra em ressonância. Na ressonância a resistência de um circuito RC tende a zero, o que acarretará uma corrente infinita no circuito.

.....  
Seleção e tradução:

**José Evangelista Moreira**

Departamento de Física, Universidade Federal do Ceará  
E-mail: ita@fisica.ufc.br

.....  
**José Pedro Rino**

Departamento de Física, Universidade Federal de S. Carlos  
E-mail: djpr@df.ufscar.br

.....

Esta seção apresenta problemas desafiadores que têm sido propostos em olimpíadas, gincanas e livros e comenta a solução dos mesmos.

**4** A explicação popular de como o forno de microondas funciona baseia-se no efeito da ressonância da água. Os fornos de microondas comerciais operam em geral na frequência de 2450 MHz com comprimentos de onda de 12.2 cm. No entanto as curvas de absorção da água não mostram nenhuma ressonância nesta frequência. Na verdade se houvesse uma forte ressonância, não haveria penetração da radiação e o corpo só iria ser aquecido na superfície. Lembre-se que manteiga também derrete em um microondas.

O cozimento por microondas ocorre por absorção da radiação de microondas pelo corpo. Um feixe paralelo e monocromático de radiação é atenuado em um meio homogêneo de uma distância  $x$  de acordo com

$$I = I_0 e^{-\alpha x},$$

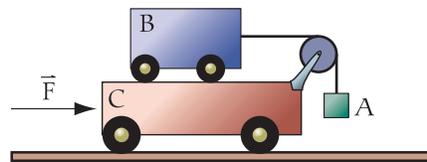
sendo  $\alpha$  o coeficiente de absorção do meio.  $I$  é a densidade de potência (potência por unidade de área) e  $I_0$  a densidade de potência em  $x = 0$ . A taxa de deposição de energia (por unidade de volume) no meio é a derivada espacial da densidade de potência, também chamada de fluxo divergente:

$$\alpha I e_0^{-\alpha x}$$

Escolhendo uma frequência na qual  $\alpha$  é grande claramente não é uma boa estratégia, pois resultará em uma taxa de aquecimento grande somente na superfície do corpo. Para permitir um aquecimento mais ou menos uniforme deve-se escolher uma frequência em que  $\alpha x \approx 1$ . Aqui  $x$  é um comprimento característico (o maior) do corpo (comida) a ser esquentado. Desta forma, a frequência ótima é aquela na qual  $\alpha$  para a água é  $1/x$ , onde  $x$  é a espessura da comida.

### Novos problemas

**1** Oscilação de um paralelogramo: o diagrama abaixo mostra um paralelogramo formado por quatro varetas rígidas e leves de comprimento  $L$  e uma mola, também leve, de comprimento  $2L$ . As varetas estão conectadas por pequenas bolas idênticas e massivas. As varetas são articuladas de modo que os ângulos internos do paralelogramo podem variar. Na situação de equilíbrio, o paralelogramo forma um quadrado. Ache o período de pequenas oscilações deste sistema quando o ponto C move-se ao longo da linha vertical.



Determine:

- a tensão na corda
- a aceleração do carro A, B e C
- a magnitude da força F.

Obs: o atrito e o momento de inércia da roldana são desprezíveis.

III OIF

Czechoslovákia 1969

que o volume atinja  $9.5 V_0$  e a válvula de exaustão no cilindro é aberta permitindo que a pressão no cilindro retorne a 1 atm.

(Razão de compressão  $\epsilon$  é a razão entre os volumes máximos e mínimos do cilindro, e  $\gamma = C_p/C_v = 1.4$ ).

Determine:

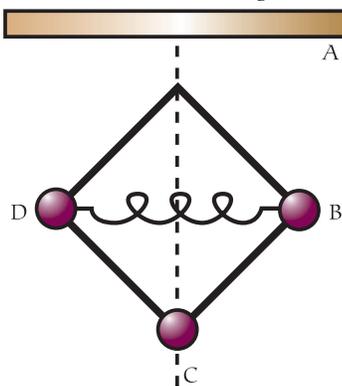
- a pressão e a temperatura da mistura gasosa nos estados 1, 2, 3 e 4.
- a eficiência térmica do ciclo.

X OIF

Czechoslovakia 1977

Quantum

Julho/Agosto 1995

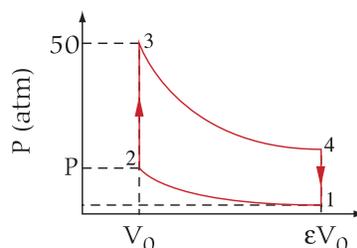


**2** O sistema mecânico desenhado abaixo consiste de 3 corpos tendo massas  $m_A = 0.3$  kg,  $m_B = 0.2$  kg e  $m_C = 1.5$  kg.

Uma força  $F$  agindo no carro C é grande o bastante para que os carros A e B mantenham-se em repouso relativamente ao carro C, isto é, todos os três carros têm a mesma aceleração.

**3** A razão de compressão de uma máquina de combustão interna de quatro tempos,  $\epsilon$ , é igual a 9.5. A máquina recebe ar e gás combustível a uma temperatura de  $27^\circ\text{C}$ , tendo um volume  $V_0$  e pressão de 1 atm ou 100 kPa. O volume é então comprimido adiabaticamente do estado 1 até o estado 2 (veja figura).

A mistura de combustível sofre ignição causando uma explosão que dobra o volume (estados 2-3), movendo então o pistão para o estado 3. Do estado 3 para o 4, a mistura gasosa sofre nova expansão adiabática até



**4** Um canhão de elétrons, C, emite elétrons acelerados por uma diferença de potencial  $U = 1000$  V ao longo da direção mostrada na figura. Queremos que os elétrons saindo do canhão C atinja um alvo M que está em uma direção que faz um ângulo  $\alpha$  com a direção do feixe e está a uma distância  $d$  do canhão C.

Dado que  $d = 5$  cm, determine a componente do campo magnético uniforme perpendicular ao plano da figura.

X OIF

Czechoslovakia 1977

