



**ATENÇÃO:** Não é permitido o uso de formulários, calculadoras ou telemóveis  
Resolva os grupos em folhas separadas

Constantes	Transformações de Lorentz	Equações de Fresnel <i>campo paralelo ao plano de incidência</i>
$c=3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$	$x = \frac{x' + V t'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$ $t = \frac{t' + \frac{V}{c^2} x'}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}}$	$\left( \frac{E_{0r}}{E_{0i}} \right)_{\parallel \text{pi}} = \frac{1 - \frac{n_2 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t}}{1 + \frac{n_2 \cos \theta_i}{n_1 \cos \theta_t}}$ $\left( \frac{E_{0t}}{E_{0i}} \right)_{\parallel \text{pi}} = \frac{2}{\frac{\cos \theta_t}{\cos \theta_i} + \frac{n_2}{n_1}}$

1. [Cotações: a) 1,5 ; b) 1,0 ; c) 1,5 ; d) 1,0 ]

Suponha que na alta atmosfera, a partir da radiação cósmica, é produzido um mesão  $\pi^-$  (pião) com uma massa  $m_{\pi^-} \cong 25 \times 10^{-29} \text{ kg}$ . Por decaimento radioactivo, o pião decai num muão  $\mu^-$  de massa  $m_{\mu^-} \cong 20 \times 10^{-29} \text{ kg}$  e num anti-neutrino  $\bar{\nu}$  de massa desprezável. O tempo de vida médio do pião é  $\tau_{\pi^-} \cong 2,5 \times 10^{-8} \text{ s}$ .

a) Se o pião for criado na alta atmosfera, com uma energia total  $E_{\pi^-} = 3,75 \times 10^{-11} \text{ J}$  no **referencial da Terra**, qual a sua velocidade vista também do **referencial da Terra**?

[Nota: se não conseguir calcular a velocidade do pião no referencial da Terra, utilize nas alíneas seguintes  $V = 0,6c$ ]

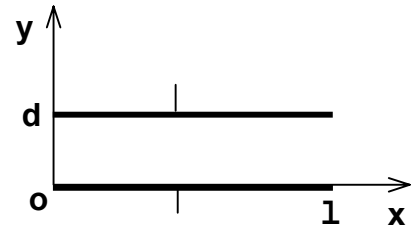
b) Qual o espaço percorrido pelo pião até decair visto dos **referenciais próprio e da Terra**?

c) Calcule o momento linear total do sistema, após o decaimento do pião, nos **referenciais do pião e da Terra**?

d) Qual seria a massa de um hipotético anti-neutrino para que se observasse um muão em repouso no referencial do pião?

**2.** [Cotações: a) 1,0 ; b) 1,5 ; c) 1,5 ; d) 1,0 ]

Um condensador plano tem armaduras quadradas de lado  $l$  a uma distância  $d$  uma da outra e separadas por ar, sendo  $l \gg d$ . Considere que o condensador está isolado e carregado com uma carga  $Q$ , positiva, na armadura situada em  $y=d$ .



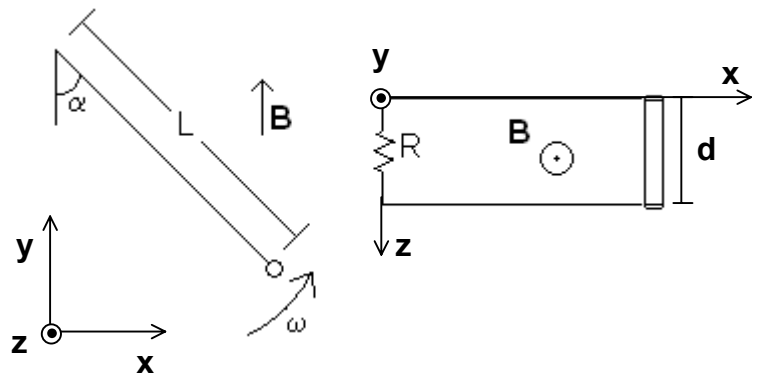
- a) Utilize detalhadamente a lei de Gauss para determinar o campo eléctrico,  $\vec{E}$ , no interior do condensador.
- b) Calcule a capacidade do condensador.

Suponha agora que se preenche o seu interior com um dieléctrico linear e **não homogéneo** com uma constante dieléctrica relativa  $\epsilon_r = 1 + ay$ , sendo  $a$  uma constante positiva.

- c) Calcule a nova capacidade do condensador.
- d) Calcule a susceptibilidade eléctrica do dieléctrico e a sua densidade de carga de polarização em volume.

**3.** [Cotações: a) 1,0 ; b) 1,5 ; c) 1,5 ; d) 1,0 ]

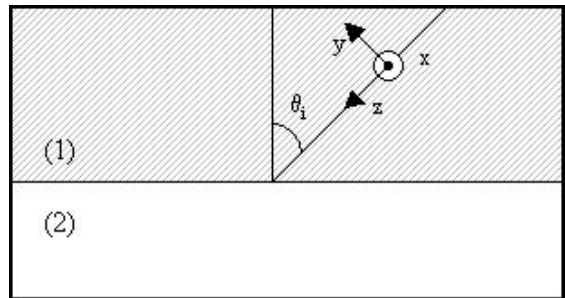
Um baloiço metálico, com correntes de comprimento  $L$ , distanciadas de  $d$ , oscila com uma amplitude angular máxima  $\alpha_0$  e uma frequência angular  $\omega$ , de acordo com a expressão  $\alpha = \alpha_0 \sin(\omega t)$ . O campo magnético terrestre é constante e vertical naquele local, de acordo com a figura.



- a) Determine o fluxo magnético que atravessa o circuito constituído pelo suporte, correntes e banco do baloiço,  $\Phi_B$ .
- b) Determine a intensidade da corrente induzida no circuito, em função da resistência  $R$ . Represente o seu sentido no instante inicial, através de uma esquema, e comente-o à luz da lei de Lenz.
- c) Determine a força que actua sobre o banco do baloiço,  $\vec{F}$ .
- d) Determine a potência fornecida pelo agente exterior que mantém o movimento do baloiço.

4. [Cotações: a) 1,5 ; b) 1 ; c) 1; d) 1,5]

Uma onda electromagnética, plana e monocromática, propaga-se num meio dieléctrico de índice de refacção  $n_1=1,5$  e  $\mu=\mu_0$ . O campo eléctrico da onda é dado por  $\vec{E}_1 = E_0 \cos(3 \times 10^8 t - k_1 z) \vec{u}_y$  ( $V \cdot m^{-1}$ ) e esta incide sobre a superfície de separação com o ar ( $n_2=1$ ).



- a) Determine o módulo da velocidade de propagação da onda no meio 1,  $v_1$ , o vector de onda no meio 1,  $\vec{k}_1$ , e o módulo do vector de onda no meio 2,  $k_2$ .
- b) Obtenha a expressão do campo magnético da onda incidente,  $\vec{B}_1$ .
- c) Determine o valor de  $\theta_i$  a partir do qual não existe onda transmitida para o ar. Poderia existir reflexão total se a onda viajasse do ar para o vidro?
- d) Escreva a expressão da fracção de energia da onda que é transmitida, por unidade de área, em função de  $\theta_t$  e  $\theta_i$ .