

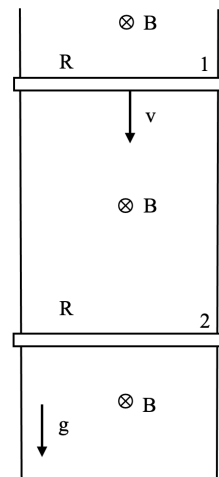
**Versão: 2**
**Duração do Teste: 1h 30m**
 $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ ,  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$ 

Por determinação do Conselho Pedagógico, informamos que só serão cotadas as respostas que contribuam de forma significativa para os resultados ou demonstrações pedidas.

- (2,0) **4)** Considere um toro de secção quadrada, de área  $A = 0,09 \text{ m}^2$ , e raio médio  $R = 3 \text{ m}$ , feito de um material ferromagnético com permeabilidade magnética  $\mu = 6000 \mu_0$ , enrolado por  $N = 1000$  voltas de um fio condutor transportando a corrente  $I = 3 \text{ mA}$ . Pode assumir  $R \gg \sqrt{A}$  (campo uniforme na secção).

- [1,0] **a)** Calcule a magnetização e as correntes de magnetização em todo o espaço;  
[1,0] **b)** Suponha que se corta uma pequena fatia do toro, de largura  $\delta = 0,001 \text{ m}$ . Calcule o campo  $\vec{H}$  e o campo magnético no centro deste pequeno volume de ar (entreferro) (note que o campo magnético será diferente da situação sem o entreferro (a)).

- (4,0) **5)** Duas barras condutoras de resistência elétrica  $R = 20 \Omega$ , massa  $m = 4 \text{ kg}$  e comprimento  $l = 2 \text{ m}$  estão no plano vertical sujeitas à gravidade, podendo deslocar-se na vertical sem atrito sobre carris de resistência elétrica desprezável. No início, a barra 1 (em cima) tem **velocidade constante**  $v = 5 \text{ m/s}$  e a barra 2 (em baixo) está travada. Ambas estão sujeitas a um campo magnético uniforme de intensidade  $B = 2 \text{ T}$  e com o sentido indicado na figura.

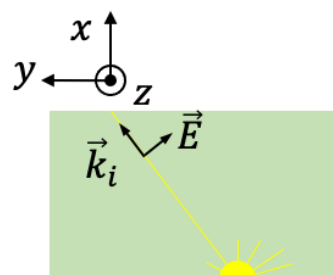


- [1,0] **a)** Calcule a corrente induzida nas barras (incluindo sentido da corrente na barra 1).  
[1,0] **b)** Calcule a força que se exerce sobre a barra 2.  
[1,0] **c)** Suponha que se destrava a barra 2. Calcule a aceleração da barra 2. Que acontece à barra 1?  
[1,0] **d)** Escreva as equações do movimento das barras em função das velocidades das barras,  $v_1(t)$  e  $v_2(t)$  (note que as velocidades são sempre muito inferiores à velocidade de estabilização das eventuais correntes induzidas). Qual o movimento das barras após um tempo (relativamente) grande? Justifique sumariamente a sua resposta.

- (4,0) **6)** Um palacete em Lisboa tem um pequeno lago no jardim. O lago, cujas paredes são escuras, é iluminado durante a noite por uma lâmpada monocromática colocada no fundo, que emite isotropicamente. Considere que a lâmpada é pontual. O índice de refração da água é  $n_1 = 4/3$ .

- [1,0] **a)** Se um dos raios de luz da lâmpada incidir na superfície da água (plano  $(yz)$ ) segundo um ângulo de incidência  $\theta_i = 36,87^\circ$ , calcule o ângulo segundo o qual ele se propaga no ar.  
[2,0] **b)** A lâmpada emite luz laranja com comprimento de onda  $\lambda_{\text{água}} = 450 \text{ nm}$  (na água), sendo o campo elétrico de uma onda incidente no ponto  $x = y = z = 0$  (origem dos eixos) e no instante  $t = 0$  (ver figura), dado pela expressão, no referencial indicado (superfície da água igual ao plano  $(yz)$ ):  

$$\begin{cases} E_{ix} = 30 \cos(\omega t - k_i(0,8x + 0,6y)) \\ E_{iy} = -40 \cos(\omega t - k_i(0,8x + 0,6y)) \\ E_{iz} = 0 \end{cases} \quad (\text{em V/m})$$



- Existe onda transmitida e/ou refletida? Justifique a sua resposta. Para o(s) caso(s) em que exista, calcule o(s) vetor(es) de onda ( $k_x$ ,  $k_y$ ,  $k_z$ ) e a(s) intensidade(s) da(s) onda(s).  
[1,0] **c)** Nessa noite observa-se que apesar de a lâmpada pontual emitir isotropicamente, quando olhamos para o lago apenas vemos um círculo luminoso com um raio de  $20 \text{ cm}$ . Qual a profundidade do lago?