



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

3º Teste de Electromagnetismo e Óptica (MEC + LBE[GM+T])

Prof. Pedro Abreu, Prof. João Pulido, Profª. Sandra Heleno,

Prof. Susana Vilanova, Profª. Manuela Mendes

14 de Dezembro de 2010

Duração do Teste: 1h 30m

Constantes	$\epsilon_0=8,854 \times 10^{-12}$ [F/m]	$\mu_0=4\pi \times 10^{-7}$ [N/A <sup>2</sup> ]	$c = 299\,792\,458$ [m/s]
Fórmulas de Fresnel ( $t=0$ se não há onda transmitida)	$r_{\perp} \equiv E_{r_{\perp}} / E_{i_{\perp}} = -\frac{\sin(i-t)}{\sin(i+t)}$	$t_{\perp} \equiv E_{t_{\perp}} / E_{i_{\perp}} = \frac{2 \sin t \cos i}{\sin(i+t)}$	
	$r_{\parallel} \equiv E_{r_{\parallel}} / E_{i_{\parallel}} = \frac{\tan(i-t)}{\tan(i+t)}$	$t_{\parallel} \equiv E_{t_{\parallel}} / E_{i_{\parallel}} = \frac{2 \sin t \cos i}{\sin(i+t) \cos(i-t)}$	
	Incidência normal à Superfície ( $i=t=r=0^\circ$ )		
	$r = r_{\perp} = r_{\parallel} \equiv -\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$	$t = t_{\perp} = t_{\parallel} \equiv \frac{2n_1}{n_1 + n_2}$	

- [10.0] 1) Uma onda plana e monocromática propaga-se num prisma, quando chega à superfície exterior em contacto com água ( $n_2=4/3$ ), tendo no prisma a seguinte expressão para o campo eléctrico:

$$E_x = \frac{E_0}{2} \text{sen} \left( \pi \times 10^{15} t - (x\sqrt{3} + y) \frac{k}{2} \right)$$

$$E_y = \frac{\sqrt{3}}{2} E_0 \text{sen} \left( \pi \times 10^{15} t - (x\sqrt{3} + y) \frac{k}{2} \right)$$

$$E_z = 0$$

onde  $k = 2,4184 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$  e  $E_0 = 10^{-8} \text{ V/m}$ ,  $\mathbf{e}_x$  é o versor segundo a normal á superfície com o sentido de dentro para fora,  $\mathbf{e}_y$  é o versor paralelo à superfície, no plano de incidência, com o sentido em que se afasta do vector de onda  $\mathbf{k}$ , e  $\mathbf{e}_z$  é o versor perpendicular ao plano de incidência com o sentido dado pelo produto externo  $\mathbf{e}_x \times \mathbf{e}_y$ .

**Justifique sumariamente todas as respostas.**

- [1.0] a) Determine o índice de refração do prisma;
- [1.0] b) Calcule o ângulo de incidência (do vector de onda com a normal à superfície);
- [2.0] c) Calcule o ângulo de refração e o ângulo de reflexão, respectivamente para a onda transmitida e para a onda reflectida (se houver alguma destas);
- [3.0] d) Determine a intensidade das ondas transmitida e reflectida (se houver alguma destas);
- [3.0] e) Refaça a alínea d), se tirarmos a água e o prisma ficar em contacto com o ar (de índice de refração  $n_2=1$ ), mantendo o ângulo de incidência (*sugestão: comece por calcular o ângulo de reflexão total*).

- [10.0] 2) O Sr. Isidro Sabia Tudo, promissor estudante de Eng<sup>a</sup> Civil nas horas vagas, olha verticalmente para um laguito, em que água muito calma cobre um espelho de curvatura esférica, enquanto as suas cabritas pastam na Serra do Marão.

No ponto mais fundo, a profundidade é de apenas 10 cm. A água tem índice de refração  $n = 4/3$ , e o espelho tem raio de curvatura  $R = 50$  cm (espelho côncavo). O Sr. Isidro não vê a sua imagem focada, pois esta forma-se perfeitamente nítida apenas no próprio ponto onde se encontra a sua face (e o ponto próximo do olho, o ponto mais próximo a que o nosso olho consegue ver uma imagem com nitidez, é aproximadamente 25 cm afastado do olho, para uma pessoa saudável).

**Justifique sumariamente todas as respostas.**

- [3.0] a) A que altura da água se encontra a face do Sr. Isidro?  
Caracterize esta imagem do Sr. Isidro (maior/menor do que a sua própria face, direita/invertida).
- [3.0] b) Para ver a sua imagem o Sr. Isidro afasta-se 18 cm para cima. Onde se vai formar a nova imagem?  
Caracterize esta imagem (maior/menor do que a sua própria face, direita/invertida).
- c) O Sr. Isidro segurava um cajado com o punho junto à sua face, e portanto via também a imagem do punho do cajado no ponto da alínea anterior (se não resolveu, assuma que era 25 cm abaixo da face). Mas o Sr. Isidro usava óculos com  $D = 2$  dioptrias em cada lente (distâncias focais das lentes são  $f = 1/D$ ).
- [2.0] i) Calcule a distância focal efectiva [mínima] do cristalino do olho do Sr. Isidro (cristalino é a componente do olho que funciona como uma lente), assumindo que com os óculos, consegue ver bem o punho do cajado, que a distância do cristalino à retina é aproximadamente 2,5 cm, e que a distância normal dos óculos ao cristalino é 1 cm.
- [2.0] ii) Tendo deixado cair os óculos, qual a distância mínima com que o Sr. Isidro se deve afastar da imagem do cajado para ver essa imagem do punho do cajado com nitidez?

Convenções para os <b>Sinais na Óptica Geométrica</b>						
(P=dist.objecto, Q=dist.imagem, R=Raio da Superf. "Esférica", $f$ = distância focal)						
	P>0	P<0	Q>0	Q<0	R >0	R <0
Espelhos	Objecto Real, à frente do Esp.	Obj. Virtual, atrás Esp.	Imagem Real, à frente Esp.	Im. Virtual, atrás Esp.	Côncavo (C à frente Esp.)	Convexo (C atrás Esp.)
Refração Superfícies	Objecto Real, à frente de S.	Obj. Virtual, atrás de S.	Imagem Real, atrás de S.	Im. Virtual, à frente de S.	Convexa (C atrás de S.)	Côncava (C à frente de S.)
Lentes delgadas	Objecto Real, à frente Lente	Obj. Virtual, atrás Lente	Imagem Real, atrás Lente	Im. Virtual, à frente Lente	$f > 0$ Convergente	$f < 0$ Divergente