


<p style="text-align: center;">Óptica – LF</p> <p style="text-align: center;">Exame de Recurso, 14 Julho 2011</p>		 <p>Departamento de Física Escola de Ciências Universidade do Minho</p>
Nome:	Número:	

**1.** Fotografia um edifício convencional com uma objectiva primária (distância focal fixa) de 50 mm (de distância focal). O edifício está a 50 m de si.

a) Qual a distância entre objectiva e o sensor digital na aproximação mais simples de óptica geométrica paraxial & 1 lente delgada equivalente ? Descreva a imagem: real ou virtual, localização (pergunta anterior), tamanho relativo e orientação. (1 V)

b) A ampliação transversal é constante (compare por ex. os pontos A e B) ? Comente e diga se de acordo com óptica geométrica paraxial (de 1a. ordem). (1 V)



**2.** O campo eléctrico de uma onda electromagnética monocromática plana a propagar-se no vácuo pode ser descrito por:

$$\mathbf{E} = \hat{\mathbf{j}} (400 \text{ V/m}) \cos (1.1593 \times 10^7 (\text{rad/m})x - 3.4778 \times 10^{15} (\text{rad/s})t + \frac{\pi}{2}) + \hat{\mathbf{k}} (200 \text{ V/m}) \cos (1.1593 \times 10^7 (\text{rad/m})x - 3.4778 \times 10^{15} (\text{rad/s})t + \frac{\pi}{2})$$

a) Qual a direcção de propagação, comprimento de onda e frequência (Hz) ? (1 V)

b) Escreva uma expressão para o campo magnético. (1 V)

c) Qual a irradiância ? (1 V)

**3.** Radiação monocromática não polarizada colimada propaga-se no ar ( $1000 \text{ W/m}^2$ ). É reflectida numa face plana de um vidro *flint* ( $n = 1.7$ ), colocado na horizontal.

a) Qual o ângulo de incidência que faz com que a radiação reflectida seja 100 % polarizada ? Qual a polarização da radiação reflectida ? (1 V)

b) Quais as irradiâncias das componentes vertical e horizontal da radiação reflectida ? (1.5 V)

4. A motivação é cinema 3D, com óculos passivos RealD. Incide alternadamente luz com polarização circular direita e esquerda num determinado dispositivo óptico. O dispositivo é: (1) lâmina de quarto de onda com eixo rápido na **vertical**, seguida de (2) polarizador linear com eixo de transmissão rodado de  $45^\circ$  para a direita em relação à vertical e (3) lâmina de quarto de onda com eixo rápido na **horizontal** (não é isto que existe nas lentes dos óculos RealD).

a) Indique o que se passa, após cada um dos 3 elementos ópticos, para os dois casos de luz direita e esquerda. Qual a utilidade deste dispositivo óptico ? (2 V)

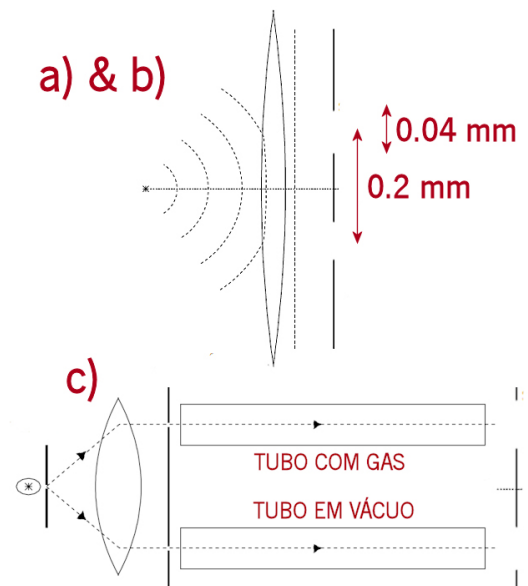
b) Considere agora uma situação mais simples: incide luz natural no conjunto polarizador linear + lâmina de quarto de onda, com eixo rápido na **horizontal** (2 últimos elementos da alínea a). Os polarizadores e a lâmina são ideais (quando devem absorver, absorvem com 100 % de eficiência; quando não devem absorver, não absorvem nada; não existem outros processos dissipativos). Irradiância incidente no polarizador:  $1000 \text{ W/m}^2$ . Qual a irradiância e polarização da radiação, após o polarizador e após a lâmina de quarto de onda ? (1 V)

5. Dupla fenda, com radiação coerente monocromática linearmente polarizada na vertical, separação entre fendas  $0.2 \text{ mm}$  e largura de cada fenda  $0.04 \text{ mm}$ . Onda plana incidente. Ecrã para visualização do padrão a  $3 \text{ m}$ , sem lente. Há vários máximos e mínimos: o 3o. máximo, contado a partir do máximo central mais intenso, está situado a  $2.45 \text{ cm}$  do centro.

a) Qual o comprimento de onda ? (1.5 V)

b) Qual a razão entre as irradiâncias do 3o. máximo e do máximo central ? (1.5 V)

c) Coloca à frente das duas fendas dois tubos de  $1 \text{ cm}$ , um em vácuo e outro com um gás cujo índice de refração quer determinar (arranjo tipo refractómetro de Rayleigh). No centro do padrão no alvo passa a ter um mínimo. Qual o menor valor do índice de refração do gás, compatível com a observação ? (1.5 V)

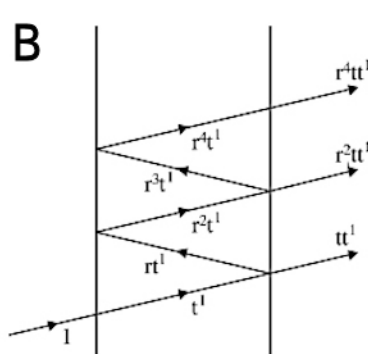
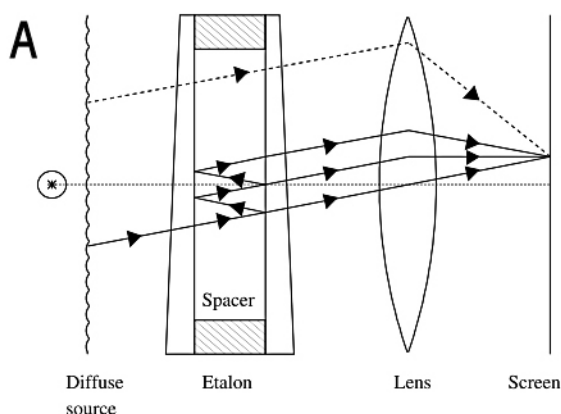


6. Relembre interferômetro Fabry-Perot (esquerda), mas para o caso particular de incidência normal. O filme é de um gás de índice de refração  $n$  entre 2 placas paralelas. A irradiância global na transmissão é determinada pela seguinte sequência:

- (1) diferença de fase *atraso do 2o. feixe em relação ao 1o.*:  $\delta = \frac{4\pi dn}{\lambda}$ , onde  $d$  é a espessura do filme;
- (2) amplitude do campo transmitido (direita):  $E_t = tt' + r^2 tt' \exp(i\delta) + r^4 tt' \exp(2i\delta) + \dots = tt' \left\{ \sum_{n=0}^{+\infty} [r^2 \exp(i\delta)]^n = \frac{1-r^2}{1-r^2 \exp(i\delta)} \right\}$ , onde  $r$  e  $t$  são os coeficientes de reflexão e transmissão em amplitude e o apóstrofo representa a interface vidro→gás;
- (3) finalmente a irradiância é determinada a partir da amplitude e dá  $I_t = \frac{1}{1+F \sin^2(\delta/2)}$ , com  $F \equiv \frac{4R}{(1-R)^2}$  e  $R$  é a reflectância, para uma interface.

a) Diga se o cálculo acima se aplica para sucessivas contribuições para a irradiância coerentes ou incoerentes. (1.5 V)

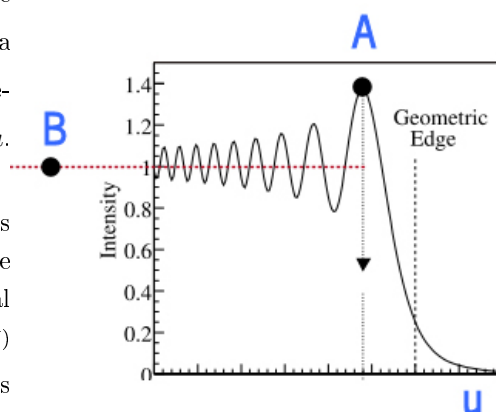
b) Seja  $L_C$  o comprimento de coerência (longitudinal) da radiação. Há dois casos limite:  $L_C \gg d$  e  $L_C \ll d$ . O cálculo descrito em cima aplica-se a que caso? E se tivesse o outro caso, diga de forma breve quais as mudanças qualitativas para calcular a irradiância transmitida global. (1.5 V)



7. Difração, nas aproximações de teoria escalar de Kirchhoff e de Fresnel, num obstáculo opaco semi-infinito. A figura mostra o padrão previsto, irradiância normalizada à irradiância prevista se não houvesse obstáculo, vs. coordenada normalizada  $u$ . No final do teste tem a espiral de Cornu.

a) Desenhe com uma régua na espiral de Cornu os vectores correspondentes aos pontos A (1º. máximo) e B (irradiância se não houvesse obstáculo) da figura. Desenhe na espiral no final do teste e entregue o seu desenho. (1 V)

b) Qual a razão entre as irradiâncias correspondentes aos pontos A e B,  $I_A/I_B$ ? (1 V)



Nome:

Número:



Departamento de Física  
Escola de Ciências  
Universidade do Minho

