

Nome: \_\_\_\_\_ N.º: \_\_\_\_\_

**1ª Parte – Duração 1h**

As respostas desta parte devem ser escritas neste mesmo enunciado. Não é permitido o uso de qualquer tipo de calculadora.

**Secção A – Assinale a resposta certa.**

1 – [1 Valor] A distância focal para uma lente espessa é medida:

- a) a partir do centro da lente.
- b) a partir do primeiro vértice da lente.
- c) a partir do respectivo ponto cardinal.
- d) a partir do respectivo ponto principal.

Resposta  
**d**

2 – [1 Valor] Num meio dispersivo, a velocidade de fase é:

- a) sempre superior à velocidade de grupo.
- b) sempre inferior à constante  $c$ .
- c) superior à velocidade de grupo, se a dispersão for normal.
- d) superior à velocidade de grupo, se a dispersão for anómala.

Resposta  
**c**

3 – [1 Valor] A duração temporal de um impulso é:

- a) independente da sua largura espectral.
- b) directamente proporcional à sua largura espectral.
- c) inversamente proporcional à sua largura espectral.
- d) proporcional ao quadrado da sua largura espectral.

Resposta  
**c**

4 – [1 Valor] Para dois feixes interferirem:

- a) basta que eles tenham o mesmo estado de polarização.
- b) é necessário que a diferença de caminhos ópticos seja inferior ao comprimento de coerência da fonte, e que as polarizações sejam compatíveis.
- c) é necessário que a diferença de caminhos ópticos seja superior ao comprimento de coerência da fonte, e que as polarizações sejam compatíveis.
- d) basta que eles se sobreponham no mesmo ponto.

Resposta  
**b**

5 – [1 Valor] O integral de difracção de Fresnel-Kirchoff é válido:

- a) em qualquer região do espaço.
- b) apenas para regiões tais que  $z^3 \gg a^4/2\lambda$
- c) apenas para regiões tais que  $z \gg 4a^2/\lambda$
- d) apenas para regiões entre  $z^3 \gg a^4/2\lambda$  e  $z \gg 4a^2/\lambda$

Resposta  
**b**

**Secção B – Questões directas.**

6 – [1 Valor] Escreva a expressão que descreve a irradiância resultante da sobreposição de dois feixes, coerentes e com a mesma frequência, com irradiâncias respectivamente  $I_1$  e  $I_2$ , e uma diferença de fase entre eles  $\delta$ .

Resposta:  $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \delta$

7 – [1 Valor] Quais são as duas condições normalmente utilizadas para a deposição de um filme dieléctrico que anule a reflectividade de uma superfície?

Resposta:  $n_f^2 = n_0 \cdot n_s$        $d = \frac{\lambda}{4} = \frac{\lambda_0}{4n_f}$

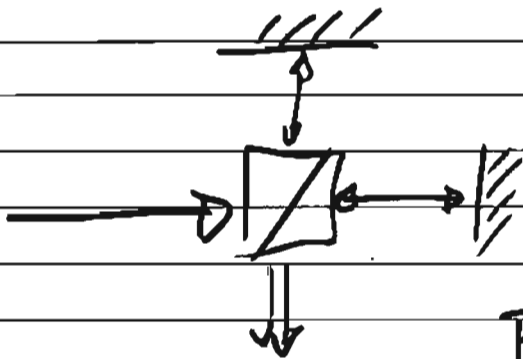
8 - [1 Valor] Ao estudar um feixe de luz, colocou-se um polarizador linear e detectou-se uma irradiância máxima de  $2,5 \text{ W/m}^2$ . Com o polarizador rodado de  $90^\circ$  detectaram-se apenas  $0,5 \text{ W/m}^2$ . Qual é o grau de polarização desse feixe?

Resposta: 
$$V = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}} = \frac{2,5 - 0,5}{2,5 + 0,5} = \frac{2}{3} = 67\%$$

### Secção C - Perguntas de desenvolvimento.

Nota: Utilize o espaço no fundo da página, caso deseje fazer algum esquema para complementar as suas respostas.

9 - [1 Valor] Descreva um interferómetro de Michelson, e explique uma das suas aplicações.



Por exemplo nos CDs

10 - [1 Valor] Comente a diferença entre a interferência e a difracção.

Não existe! É o mesmo fenómeno, apenas o número de fontes envolvidas é muito superior (na difracção) e daí se o estado seja ligeiramente diferente.

Nome: \_\_\_\_\_ N.º: \_\_\_\_\_

**2ª Parte – Duração 1h (+30min tolerância)**

1 – [2 Valores] Considere uma experiência de fendas de Young. Se essas fendas forem iluminadas simultaneamente por dois comprimentos de onda distintos ( $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ ), em que ponto  $y$  do alvo é que as franjas de ordem  $m$  do comprimento de onda  $\lambda_1$  se irão sobrepor às franjas de ordem  $m+1$  de  $\lambda_2$ ? Obtenha uma expressão para  $y$  que seja independente de  $m$ .

2 – [1 Valores] Uma rede de difracção com linhas separadas por  $d = 3 \cdot 10^{-6}$  m é iluminada com um feixe de luz vermelha ( $\lambda = 690$  nm). Observam-se as franjas obtidas num alvo a 2,9 m de distância. Calcule a separação entre as franjas de ordem +1 e -1.

3 – [2 Valores] Calcule as dimensões da abertura rectangular que produz um padrão de difracção cujo *spot* central tem uma largura angular de  $2^\circ$  e uma altura angular de  $4^\circ$  (valores medidos entre os primeiros zeros de ambos os lados da franja). Considere  $\lambda = 550$  nm.

4 – Utilize as seguintes matrizes de Mueller para:

$$\text{Polarizador linear horizontal} \quad \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Polarizador linear vertical} \quad \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Polarizador linear a } +45^\circ \quad \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Lâmina de } \lambda/4, \text{ com eixo rápido vertical} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Lâmina de } \lambda/4, \text{ com eixo rápido horizontal} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$$

a) [1 Valor] determinar a matriz de Stokes que descreve um feixe, que inicialmente estava polarizado a  $+45^\circ$ , depois deste se ter propagado através de um lâmina de  $\lambda/4$  com eixo rápido vertical. Descreva o estado de polarização do feixe transmitido.

b) [1 Valor] calcular uma matriz de Mueller que represente um polarizador circular (não interessa o sentido da polarização).

c) [1 Valor] qual é o grau de polarização do feixe descrito pela matriz  $\begin{bmatrix} 5 & 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ ?

5 – Uma lente biconvexa de vidro *flint*, com 2 cm de espessura tem um índice de refracção de 1,65. Se os raios de curvatura forem respectivamente de 5 e 6 cm:

a) [1 Valor] calcule a distância focal.

b) [1 Valor] determine e representes esquematicamente os pontos principais desta lente.

①

$$\Delta y = \frac{s}{a} \lambda$$

$$y = m \frac{s}{a} \lambda_1 = (m+1) \frac{s}{a} \lambda_2$$

$$\Rightarrow m \lambda_1 = (m+1) \lambda_2$$

$$m \lambda_1 - m \lambda_2 = \lambda_2$$

$$m = \left( \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \right)$$

$$y = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} \frac{s}{a} \lambda_1$$

$$y = \frac{s}{a} \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

②

$$d = 3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = 690 \text{ nm}$$

$$z = 2,9 \text{ m}$$

$$d \text{ Sen } \theta = m \lambda$$

+1 ou -1 é igual:  $\text{Sen } \theta = \frac{690 \times 10^{-9}}{3 \times 10^{-6}} = 230 \times 10^{-3} = 0,23$

$$\text{Sen } \theta = 0,23$$

$$\theta = 13,3^\circ$$

$$\tan \theta = 0,24 = \frac{x}{z}$$

$$x = z \cdot 0,24$$

$$x = 0,696 \text{ m}$$

$$\text{Separação } +1 \text{ e } -1 = 2x = 2 \cdot 0,696 \\ = 1,392 \text{ m}$$

③

$$I = I_0 \text{ Sinc}^2 \left( \frac{\pi b x}{\lambda z} \right)$$

$$\text{Primeiro zero: } \frac{\pi b x}{\lambda z} = \pi$$

$$x = \frac{\lambda z}{b} \quad b = \lambda \frac{z}{x}$$

horizontal:  $\frac{b}{z} \approx 2^\circ = \frac{2\pi}{180}$

horizontal: metade de  $2^\circ (1^\circ)$  para cada lado!

$$\frac{x}{z} \approx 2^\circ = \frac{2\pi}{180}$$

$$b = \lambda \frac{180}{2\pi} = 550 \times \frac{180}{2\pi} 10^{-9} \\ = \cancel{15,8 \mu\text{m}} = 31,6 \mu\text{m}$$

vertical:  $b = \cancel{7,9 \mu\text{m}} \approx 15,8 \mu\text{m}$

④

a)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Circular Dreck

b)

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$
$$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

c)

$$V = \frac{\sqrt{3^2 + 1^2 + 1^2}}{5} = 66\%$$

⑤

$$n = 1,65$$

$$R_1 = +5 \text{ cm}$$

$$R_2 = -6 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{f} = [1,65 - 1] \left[ \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{(1,65 - 1)2}{(1,65)5(-6)} \right]$$
$$= 0,65 \left[ \frac{6+5}{30} \rightarrow \frac{1,3}{1,65 \times 30} \right]$$

$$\frac{1}{f} = 0,65 \left[ \frac{11}{30} - \frac{1,3}{1,65 \times 30} \right]$$

$$= 0,65 \left[ \frac{11 \times 1,65 - 1,3}{1,65 \times 30} \right]$$

$$= 0,65 \left[ \frac{16,85}{49,5} \right]$$

$$= 0,22 \quad \frac{1}{f} = 0,22 \quad f = 4,5 \text{ cm}$$

$$b) \quad \overline{V_1 H_1} = - \frac{f(n-1)d}{R_2 n}$$

$$= - \frac{4,5 \times (0,65) \times 2}{(-6) \times 1,65} = + \frac{9 \times 0,65}{6 \times 1,65} = \frac{5,85}{9,9}$$

$$\overline{V_1 H_1} = 0,6 \text{ cm}$$

$$\overline{V_2 H_2} = - \frac{5,85}{1,65 \times 5} = -0,7$$

