

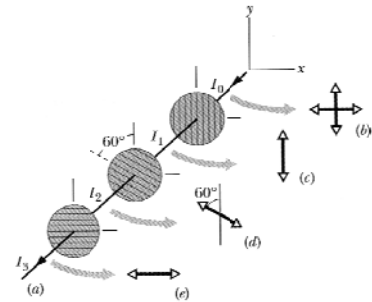
Polarização

P3 – Identifique o estado de polarização de cada uma das seguintes ondas:

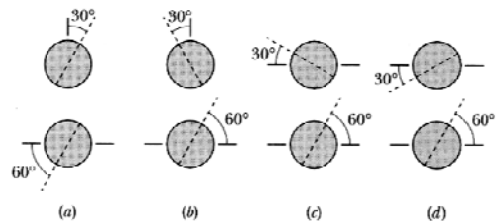
- a) $\vec{E} = E_0 \cos(kz - \omega t) \hat{i} - E_0 \cos(kz - \omega t) \hat{j}$ (polarização linear)
- b) $\vec{E} = E_0 \sin 2\pi(\frac{z}{\lambda} - \omega t) \hat{i} - E_0 \sin 2\pi(\frac{z}{\lambda} - \omega t) \hat{j}$ (polarização linear)
- c) $\vec{E} = E_0 \cos(\omega t - kz) \hat{i} + E_0 \cos(\omega t - kz + \frac{\pi}{2}) \hat{j}$ (polarização circular)

P4 – Considere o sistema de três polarizadores que se mostra na figura. A luz que incide no primeiro polarizador é luz não polarizada. O eixo de transmissão do primeiro polarizador é paralelo ao eixo dos y, o do segundo polarizador faz um ângulo de 60° com o eixo dos y e o do terceiro polarizador é paralelo ao eixo dos x.

- (a) Que fração da intensidade incidente no primeiro polarizador (I_0), é transmitida pelo terceiro polarizador? (R: 0.09375)
- (b) Se retirarmos o segundo polarizador, que fração da radiação incidente é que é transmitida? (R: nenhuma)



P3 – Considere os quatro sistemas de dois polarizadores mostrados na figura. Os eixos de transmissão de cada polarizador estão representados pelas linhas a tracejado. Considerando que incide sempre radiação não polarizada no primeiro polarizador, ordene os quatro sistemas por ordem decrescente da intensidade da radiação que transmitem.



R: (a) > (d) > (b) > (c)

P6 – Um feixe de radiação parcialmente polarizada pode ser considerado como a soma de uma fração f de radiação polarizada com uma fração $1-f$ de radiação não polarizada. Suponha que um feixe de radiação parcialmente polarizada incide num polarizador. Rodando o polarizador de 360° verifica-se que a intensidade máxima e mínima detetada varia de um fator de 5. Determine a fração da radiação que é polarizada e a fração que é não polarizada. (R: $f = 2/3$ e $1-f = 1/3$)

P7 – Considere luz branca ($400\text{nm} < \lambda < 700\text{nm}$) a incidir numa interface de quartzo. O ângulo de Brewster depende do c.d.o. da radiação incidente? Como? Determine o limite superior e inferior do ângulo de Brewster para esta interface. [$n_Q(400\text{nm}) = 1.470$, $n_Q(700\text{nm}) = 1.456$]

(R: $\theta_p(\text{azul}) = 55.77^\circ$; $\theta_p(\text{vermelho}) = 55.53^\circ$)

P7 – O ângulo crítico para uma dada interface “vidro/ar” é de 48° . **(a)** Qual é o ângulo de polarização deste vidro? **(b)** Qual é o ângulo de refração, para esta interface, quando a radiação incide no vidro segundo o ângulo θ_p ? (*R: $\theta'_p = 36.62^\circ$; $\theta_p = 53.38^\circ$; $\theta'_r = 53.38^\circ$; $\theta_r = 36.62^\circ$*)

Sobreposição de ondas, Interferência (Dupla fenda)

U3 – Sabendo que o comprimento de onda de uma dada risca espectral é $\lambda_0 = 546.078$ nm estime o comprimento de coerência (c_c) desta radiação.

U4 – Considere uma dupla fenda em que a separação entre as fendas é $d = 0.12$ mm. O comprimento de onda da radiação incidente é $\lambda = 546$ nm e o padrão de interferência é observado num alvo que se encontra a 55 cm de distância. Determine a separação, no alvo, entre máximos adjacentes.

U5 – Um laser de He-Ne ($\lambda_0 = 632.8$ nm) incide numa dupla fenda em que a separação entre as fendas é de 0.2 mm. O padrão de interferência observa-se num alvo a 1m de distância.

(a) A que distância, em radianos e em milímetros, acima e abaixo do eixo central, se encontram os primeiros zeros da irradiância? **(b)** A que distância do eixo central, em mm, se encontra a quinta franja brilhante? **(c)** Repita (a) e (b) considerando que todo o sistema está imerso em água.

Interferência (Interferómetros e Filmes Finos)

I3 – Um filme fino com índice de refração $n = 1.40$ é colocado, no percurso da radiação, perpendicularmente à direção de incidência, num dos braços do interferómetro de Michelson. Sabendo que a radiação tem c.d.o. $\lambda = 588.8$ nm e que a introdução da película provoca um desvio de 7 franjas no padrão produzido pela luz, determine a espessura da película. ($d = 5.152 \mu\text{m}$)

I4 – Num dado interferómetro de Michelson, quando se desloca o espelho móvel de 0.233 mm verifica-se um deslocamento de 792 franjas no padrão observado. Determine o c.d.o. da radiação usada. ($\lambda = 588.4$)

P5 – Radiação de 585 nm incide perpendicularmente sobre uma bolinha de sabão ($n = 1.33$) de espessura $1.21\mu\text{m}$, suspensa no ar. A radiação que é refletida pelas duas superfícies da película interfere construtiva ou destrutivamente? *(Int. construtiva)*

P4 – Um certo tipo de vidro usado em joalheria tem $n = 1.5$. Para o tornar mais refletor por vezes reveste-se com uma película fina de SiO ($n = 2.0$). Qual é a espessura mínima necessária desta película para que radiação de 560 nm (no meio do espectro visível), incidindo perpendicularmente na superfície, seja fortemente refletida (interferência construtiva)? *($d = 70\text{nm}$)*

P5 – Considere que existe uma película fina ($d = 460\text{nm}$) de um dado resíduo orgânico ($n = 1.2$) sobre a água do mar ($n = 1.3$). Se estiver a sobrevoar a região, observando a luz refletida pela superfície, para que c.d.o. do visível a radiação se apresenta mais intensa (devido a interferências construtivas)? *($\lambda / \ll 900\text{nm}$)*

Difração

F3 – Uma fenda de largura a é iluminada por luz branca. **(a)** Para que valor de a o primeiro mínimo correspondente a luz vermelha ($\lambda = 650\text{ nm}$) aparece para $\theta = 15^\circ$? **(b)** Qual é o c.d.o. da radiação cujo primeiro máximo de difração aparece em $\theta = 15^\circ$, isto é coincidente com o primeiro mínimo para luz vermelha? **(c)** Verifique que o que acontece ao padrão de difração para outros valores de a . Verifique que se $\lambda_{\min} = 650\text{ nm}$, então o λ_{\max} correspondente é sempre $\sim 433\text{ nm}$, qualquer que seja o valor de a .

"

"

"

"

F4 – Numa rede de difração observam-se duas riscas de ordens consecutivas criadas por radiação monocromática vermelha, como se mostra na figura junta.

"

"

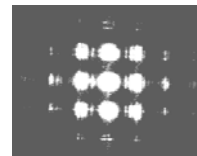


(a) O centro do padrão de difração está para o lado esquerdo ou direito? **(b)** Se a radiação fosse verde em vez de vermelha, as larguras das riscas de mesma ordem, seriam maiores, menores ou iguais?

"

F5''– Pode determinar o espaçamento entre os fios de um tecido estudando o padrão de difração criado por uma dada radiação quando atravessa esse tecido. Considere que tem uma fonte pontual de $\lambda = 600 \text{ nm}$ e que essa radiação incide perpendicularmente numa amostra do tecido. O padrão de difração da fonte é

observado sobre um alvo que se encontra a 20 m da rede de difração, o tecido. Se observar sobre o alvo uma disposição quadrada de manchas brilhantes, em que a separação entre as primeiras manchas brilhantes adjacentes é de 12 cm, qual é o espaçamento entre os fios do tecido?



DIFRAÇÃO – Problemas adicionais

2. A radiação infravermelha de um laser de He-Ne de 1152.2 nm ilumina uma fenda estreita num ecrã opaco. O sistema está em ar e verifica-se experimentalmente que o centro da décima franja escura no padrão de Fraunhofer faz um ângulo de 6.6° com o eixo central.

(a) Determine a largura da fenda.

($a=1 \times 10^{-4} \text{ m}$)

(b) Qual o ângulo que o décimo mínimo passa a fazer com o eixo central, caso o sistema seja imerso em água ($n = 1.33$), em vez de estar colocado em ar ($n = 1.00029$). (4.97°)

3. Um feixe de radiação colimada, da zona das micro-ondas, incide numa superfície metálica que tem uma fenda horizontal de 20 cm de largura. Um detector, colocado na região do campo distante, detecta o primeiro mínimo de irradiância a 36.87° do eixo central. Calcule o comprimento de onda da radiação. ($\lambda=12 \text{ cm}$)

*

6. A radiação de um laser de rubi ($\lambda_0 = 694.3 \text{ nm}$) incide numa rede de difracção em transmissão, cujas linhas se encontram separadas de $3.0 \times 10^{-6} \text{ m}$. A rede de difracção produz pontos num alvo situado a 2 m de distância. Qual a distância entre o eixo central e os primeiros máximos seguintes ?

7. Uma rede de difracção com $0.60 \times 10^{-3} \text{ cm}$ de separação entre linhas é iluminada com radiação monocromática de 500 nm. Qual o ângulo a que surge o máximo correspondente à terceira ordem ?

8. Uma rede de difracção faz com que o máximo correspondente à segunda ordem da radiação amarela ($\lambda_0 = 550 \text{ nm}$) surja a um ângulo de 25° . Determine o espaçamento entre as linhas da rede de difracção.

9. Radiação solar incide numa rede de difracção com 5 000 linhas/cm. Será que o espectro correspondente à terceira ordem se sobrepõe ao espectro da segunda ordem ?

Admita que os valores mínimo e máximo da radiação no visível são 390 nm, para o violeta, e 780 nm, para o vermelho.