



6ª Lista de Física Geral IV

Horários e salas		
Terça-Feira	17:15 - 19:15	Bloco C34 - Sala 105
Quinta-Feira	17:15 - 19:15	Bloco C34 - Sala 101
Sexta-Feira	17:15 - 19:15	Bloco C34 - Sala 101

1 - Luz com comprimento de onda de 500nm incide normalmente em um filme de água de $1,00\mu\text{m}$ de espessura. (a) Qual é o comprimento de onda da luz na água? (b) Quantos comprimentos de onda estão contidos na distância $2t$, onde t é a espessura do filme? (c) O filme tem ar em ambos os lados. Qual é a diferença de fase entre a onda refletida pela superfície da frente e a onda refletida pela superfície de trás na região onde as duas ondas refletidas se superpõem?

2 - (a) Qual é a mínima diferença de caminho óptico que produzirá uma diferença de fase de 180° para a luz de comprimento de onda de 800nm ? (b) Qual diferença de fase produzirá esta diferença de caminho óptico em luz de comprimento de onda de 700nm ?

3 - Uma das superfícies de uma lente de vidro é revestida com um filme fino de fluoreto de magnésio (MgF_2) para reduzir a reflexão da luz. O índice de refração do MgF_2 é 1,38; o do vidro é 1,50. Qual a menor espessura do revestimento capaz de eliminar os reflexos (por interferência) no ponto central do espectro visível ($\lambda = 550\text{nm}$)? Suponha que a luz incida perpendicularmente à superfície da lente.

4 - Qual a abertura mínima, em milímetros, de um binóculo de ópera para que um observador consiga resolver as pestanas do soprano (separadas por uma distância de 0,5 mm) a uma distância de 25 m? Suponha que o comprimento de onda efetivo da luz é 550 nm.

5 - Um filme de óleo com índice de refração de 1,45 flutua na água. Quando iluminado por luz branca em incidência normal, luz com comprimento de onda de 700nm e 500nm predomina na reflexão. Determine a espessura do filme de óleo.

6 - (a) Considere duas ondas oriundas dos pontos P_1 e P_2 e descritas pelas funções

$$E_1(x, t) = \text{Re}\{v_1(\vec{x})e^{-i\omega t}\} \quad ; \quad E_2(x, t) = \text{Re}\{v_2(\vec{x})e^{-i\omega t}\}$$

sendo \vec{x} um vetor ao longo da frente de onda, $v_1(\vec{x})$ e $v_2(\vec{x})$ as dependências espaciais das funções de onda. Calcule a intensidade da onda formada pela superposição dessas duas ondas num ponto P do espaço. Em seus cálculos assuma que $v_1(x) = |v_1|e^{i\phi_1}$ e $v_2(x) = |v_2|e^{i\phi_2}$, sendo que a intensidade da onda 1 é $I_1 = |v_1|^2$ e $I_2 = |v_2|^2$ é o mesmo para onda 2. **(b)** Usando o resultado do problema (a), encontre as condições para que a intensidade da onda resultante seja máxima e mínima. Escreva explicitamente esses valores extremos. Mostre ainda o que ocorre quando $I_1 = I_2$.

7 - Considere a situação descrita na Figura 1, na qual temos incidência de luz em um filme fino. Estude as condições de interferência dos feixes 1 e 2 supondo que a incidência é quase perpendicular ($\theta \approx 0$). Suponha ainda que $n_2 > n_1$ e lembre-se que ao ser refletida a luz pode sofrer uma mudança de fase 180° que é equivalente a uma defasagem espacial de $\lambda/2$.

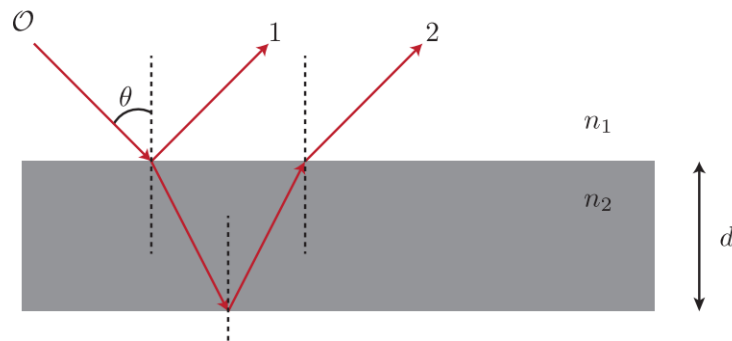


Figura 1: Figura referente ao problema 7.

8 - (a) O interferômetro de Michelson é composto por uma fonte de luz (F), dois espelhos (M_2 e M_3), um semi-espelho (M_1) e um detector (G), dispostos como na Figura 2. Escreva as condições para que haja interferência construtiva e destrutiva em função da diferença de caminho óptica $\Delta D = D - D'$ e do comprimento de onda λ da luz usada no experimento. Argumente sobre a forma do padrão de interferência que surgirá no detector.

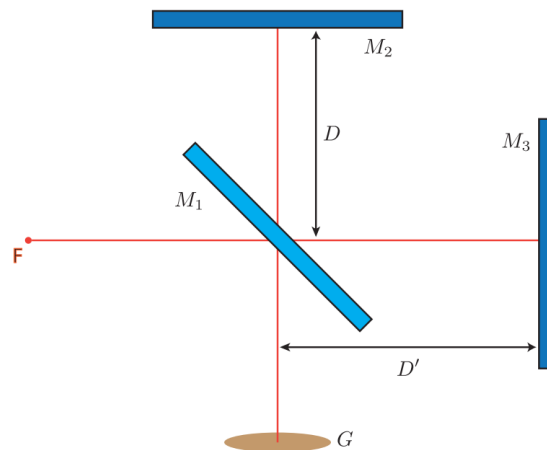


Figura 2: Figura referente ao problema 8.

(b) Suponha que as distâncias entre os espelhos e o semi-espelho sejam D_1 e D_2 , ajustadas para que haja em máximo no centro do detector para um comprimento de onda λ . **(i)** Qual a menor distância que devemos mover o espelho M_2 para que volte ocorrer um máximo no detector? **(ii)** Supondo que seja possível mensurar um total de m máximos no detector ao mover o espelho M_2 . Qual a distância que o espelho deve ter se movido? **(iii)** Que distância o espelho M_2 deve ser movido para que a intensidade fique mínima no detector? **(iv)** Suponha que seja possível medir o deslocamento de $1/10$ da franja de interferência. Usando $\lambda = 408 \text{ nm}$, qual a menor distância poderia ser medida ao mover um dos espelhos? **(v)** Qual a defasagem temporal corresponde a essa distância?

9 - Suponha que seja colocado ao longo do caminho do feixe de luz, entre o semi-espelho e um dos espelhos do interferômetro de Michelson, um tubo com ar. Ao remover o ar desse tubo, o índice de refração n na região de dentro do tubo deve diminuir, aproximando-se de



1 (valor para o vácuo). Visto que a velocidade da luz é $v = c/n$, ao remover ar do tubo, o feixe que passa por ele vai atingir o detector "primeiro", introduzindo uma diferença de fase. Suponha que ao remover completamente o ar do tubo, contamos o número de máximos que "passaram" pelo detector. Suponha ainda que a luz usada tenha comprimento de onda λ no vácuo. **(a)** Quanto tempo leva para percorrer o caminho de ida e volta pelo tubo?. **(b)** Quanto é esse tempo ao remover o ar do tubo? **(c)** Qual a diferença de tempo causada pela remoção do ar? **(d)** Suponha que durante a remoção do ar passem m máximos pelo detector. Qual o índice de refração do ar? Note que como as distâncias entre os espelhos estão fixas, cada máximo corresponde a adicionar um período na função de onda da luz, isto é $E(x, t + T) = E(x, t)$, sendo $T = \lambda/c$ o período da onda.

10 - Uma outra condição importante para observar fenômenos de interferência é o caráter monocromático da luz empregada como fonte de onda. Suponha que uma certa fonte emita ondas cuja frequência ω varia continuamente entre $\omega_o - \Delta\omega/2$ e $\omega_o + \Delta\omega/2$. Suponha também que a amplitude seja independente de ω . Nessas condições, a onda resultante produzida por essa fonte num dado ponto será

$$E(t) = A \int_{\omega_o - \Delta\omega/2}^{\omega_o + \Delta\omega/2} e^{-i\omega t} d\omega$$

Fazendo a substituição $u = \omega - \omega_o$, mostre que essa integral pode ser escrita como

$$E(t) = Ae^{-i\omega_o t} \frac{\sin(\Delta\omega t/2)}{t/2}$$

Calcule também a intensidade dessa onda e faça um gráfico de I versus $\nu = \Delta\omega t/2$.