

## 1ª LISTA DE ÓPTICA TÉCNICA II – Versão 2019

1 - Considere a interferência de duas ondas monocromáticas 1 e 2 de mesma frequência. A amplitude da onda 1 é o triplo da amplitude da onda 2.

a - Calcule a intensidade resultante da interferência em função da diferença de fase  $\delta$  entre ambas as ondas;

b - esboce o gráfico da intensidade luminosa em função de  $\delta$ ;

c - se as duas ondas tivessem diferentes frequências, como seria o padrão luminoso esperado? Comente.

2 - Numa experiência de interferência em filmes finos, sabe-se que a luz transmitida através do filme pode ser dada por

$$I_T = \frac{T^2}{1 + R^2 - 2R \cos \delta} I_o, \text{ onde } R \text{ e } T \text{ são a refletividade e a transmitância das}$$

superfícies do filme, respectivamente.

a - Sabendo-se que a fase  $\delta$  depende do ângulo de incidência do feixe, explique porque o padrão de interferência esperado quando se incide um feixe laser divergente sobre o filme é formado por franjas. Um esboço pode ser útil;

b - explique porque as franjas escuras não têm intensidade nula neste caso.

3 - Da equação da luz transmitida acima, e usando argumentos de conservação de energia,

a - mostre que a luz refletida por um filme fino pode ser dada pela equação

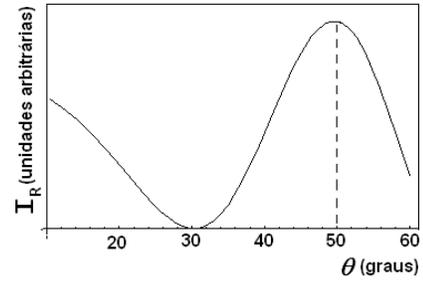
$$I_T = \frac{4R \sin^2(\delta/2)}{1 + R^2 - 2R \cos \delta} I_o$$

b - Se a fase  $\delta$  é dada em função do ângulo de refração, do comprimento de onda, da espessura do filme e do seu índice de refração pela expressão  $\delta = \frac{4\pi nd}{\lambda} \cos \theta'$

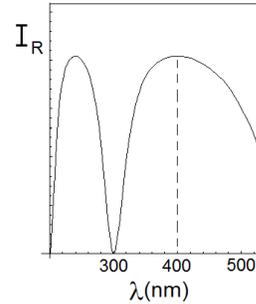
calcule a mínima espessura de um filme de índice de refração 1,6, em contato com o ar ( $n \approx 1$ ), que seja um anti-refletor (ou seja, que tenha reflexão zero) para a luz amarela ( $\lambda = 590 \text{ nm}$ ). Considere incidência normal.

4 - A luz branca apresenta, após ser refletida por uma bolha de sabão sob incidência normal, um máximo de interferência em 600 nm e um mínimo de 450 nm e sem nenhum mínimo entre estes. Supondo a película como uniforme, e se o seu índice de refração é 1,33, qual a sua espessura?

5 - A figura ao lado mostra a intensidade da luz do laser de He-Ne ( $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ ) refletida por um filme fino, em função do ângulo de refração  $\theta$ . O filme tem índice de refração 1,6. a - Calcule a sua espessura; b - Calcule o comprimento de onda para o qual a transmissão é máxima sob incidência normal.



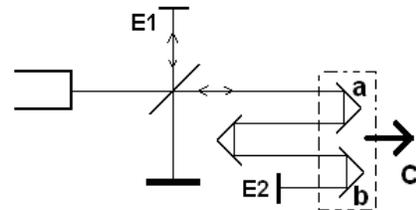
6 - A luz branca apresenta, após ser refletida por um filme fino sob incidência normal, luz refletida com espectro mostrado na figura ao lado. Supondo que a película seja uniforme, e que o seu índice de refração seja 1,5, calcule a sua espessura.



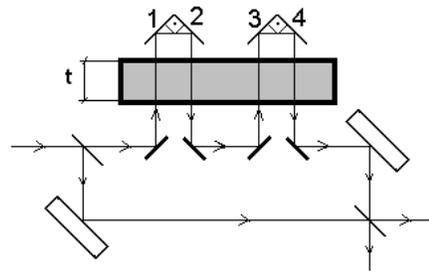
7 - a - Calcule o diâmetro do telescópio necessário para se resolver as imagens de duas estrelas que distam de  $10^8 \text{ km}$  e que estão a dez anos-luz da Terra. Considere  $\lambda = 550 \text{ nm}$  e  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ . b - Comente qual seria a vantagem (ou desvantagem) de se trabalhar com luz vermelha ( $\lambda = 660 \text{ nm}$ ) neste caso. Justifique

8 - Dois feixes laser de mesma intensidade  $I_0$  oriundos do mesmo laser He-Ne e inicialmente em fase propagam-se no vácuo ao longo da direção  $x$ . Enquanto o feixe 1 atravessa um vidro de espessura  $t$  e índice de refração que depende de  $x$  segundo a relação  $n_1 x^2 + n_0$  ( $n_0$  e  $n_1$  são constantes reais), o feixe 2 segue propagando-se no vácuo. Calcule a intensidade resultante da interferência destes feixes, para  $t = 1 \text{ mm}$ ,  $n_0 = 1,51$ ,  $n_1 = 2 \times 10^{-3} \text{ m}^{-2}$  e  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ .

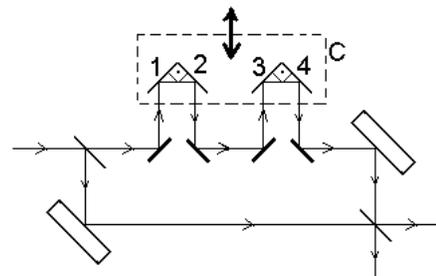
9 - Um interferômetro de Michelson modificado é utilizado para a medida de deslocamentos. Deseja-se medir o deslocamento do carro C, sobre o qual estão montados os retro-refletores  $a$  e  $b$ . O ângulo entre os espelhos 1 e 2 é reto, o mesmo ocorrendo entre os espelhos 3 e 4. a - Obtenha a expressão que fornece o deslocamento  $\Delta x$  do carro em função do comprimento de onda  $\lambda$  e do número  $\Delta N$  de franjas deslocadas; b - Obtenha o menor deslocamento mensurável e observável visualmente.



10 – Uma cuba de largura  $t$  é posicionada num dos braços de um interferômetro de Mach-Zehnder modificado, como mostra a figura. A pressão no interior da cuba é aumentada em relação à pressão atmosférica, e  $\Delta m$  franjas são deslocadas. a – Determine a expressão para o índice de refração do ar sob pressão  $n$  em função do comprimento de onda  $\lambda$ , de  $t$ , de  $\Delta m$  e do índice de refração do ar  $n_a$ ; b - Se a cuba é evacuada, escreva uma expressão que fornece o índice de refração do ar à pressão atmosférica em função de  $\lambda$ ,  $t$  e  $\Delta m$ .

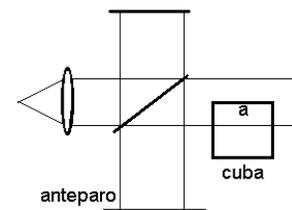


11 – Um interferômetro Mach-Zehnder modificado é utilizado para a medida de deslocamentos. Deseja-se medir o deslocamento do carro C, sobre o qual estão montados os quatro espelhos 1, 2, 3 e 4. O ângulo entre os espelhos 1 e 2 é reto, o mesmo ocorrendo entre os espelhos 3 e 4. a – Obtenha a expressão que fornece o deslocamento  $\Delta x$  do carro em função do comprimento de onda  $\lambda$  e do número  $\Delta m$  de franjas deslocadas; b – Obtenha o menor deslocamento mensurável e observável sem a ajuda de detectores.

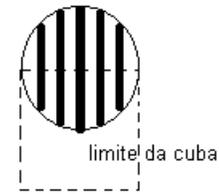


12 – a- Descreva detalhadamente como, usando um interferômetro de Michelson, pode-se determinar o índice de refração do ar medindo-se o deslocamento de um dos seus espelhos através de um transladador micrométrico. Escreva  $n_{ar}$  em função do deslocamento medido  $\Delta x$ , do comprimento de onda  $\lambda$  e do número  $\Delta m$  de franjas deslocadas; b – inserindo-se uma cuba de aresta  $a$  em um dos braços do interferômetro e contando-se o número  $\Delta m$  de franjas deslocadas após evacuar a cuba completamente, determine também uma expressão para o índice de refração do ar em função de  $a$ ,  $\lambda$  e  $\Delta m$ . Se o índice  $n_{ar}$  é 1,00029, calcule o número de franjas deslocadas, se  $a = 3$  cm e  $\lambda = 632,8$  nm.

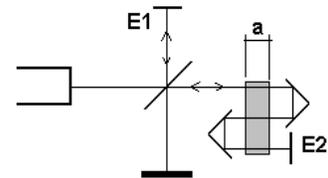
13 – Uma cuba de largura  $a = 2$  cm é posicionada num dos braços de um interferômetro Twyman-Green. Apenas metade da seção transversal do feixe de luz passa pela cuba, como mostra a figura 1. Quando a pressão interna é igual à externa, o padrão que se observa projetado num anteparo é o mostrado pela figura 2. Quando a cuba é pressurizada, o índice de refração em seu interior



passa de 1 para 1,00079891. A luz utilizada vem de um laser He-Ne. a – Obtenha a expressão do índice de refração na cuba em função de  $\mathbf{a}$ , do comprimento de onda  $\lambda$  e do número de franjas deslocadas  $\Delta m$ ; b – desenhe como deve ser o novo padrão de interferência projetado na tela, depois de a cuba ser pressurizada. JUSTIFIQUE O SEU DESENHO.



14 – Uma cuba de largura  $\mathbf{a}$  é posicionada num dos braços de um interferômetro de Michelson modificado, como mostra a figura. O interior da cuba é evacuado, e  $\Delta m$  franjas são deslocadas. a – Determine a expressão para o índice de refração do ar  $\mathbf{n}_a$  em função do comprimento de onda  $\lambda$ , de  $\mathbf{a}$  e de  $\Delta m$ ; b - Se a pressão no interior da cuba é aumentada, determine a expressão do índice de refração no interior da cuba em função de  $\mathbf{n}_a$ ,  $\lambda$ ,  $\mathbf{a}$  e  $\Delta m$ .



15 – A figura 1 mostra uma célula de vidro de comprimento  $a = 2,0$  cm colocada num dos braços de um interferômetro de Mach-Zehnder. Inicialmente, o índice de refração desta célula é igual ao índice de refração  $n_{amb}$  do ambiente. Depois, o índice de refração é alterado, e passa a ser dado pela expressão  $n(x) = n_{amb} + n_1 \cos(\pi x/2a)$ , onde  $n_{amb} = 1,0002$  e  $n_1 = 0,0200$ . A figura 2 mostra o detalhe a célula. O padrão de interferência resultante é projetado num anteparo. Calcule o número de franjas que se deslocam quando o índice de refração é alterado. O laser utilizado é o He-Ne.

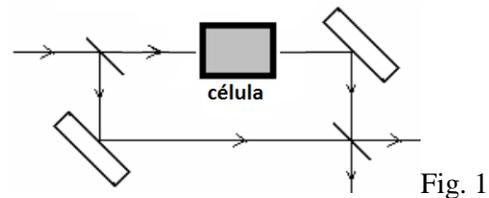


Fig. 1

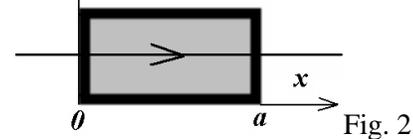
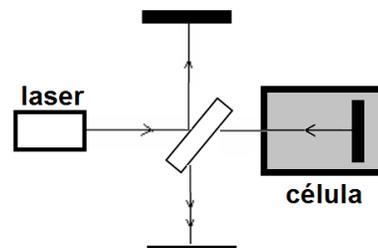
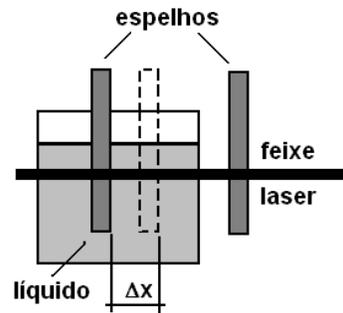


Fig. 2

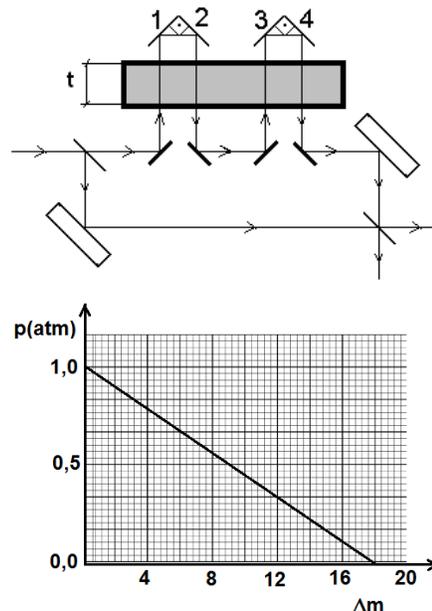
16 – Um dos espelhos planos de um interferômetro de Michelson é posicionado dentro de uma cuba com um líquido cujo índice de refração se deseja medir, como mostra a figura. Este espelho é movido por um parafuso micrométrico que fornece deslocamentos lidos através do tambor do micrômetro. Se o deslocamento medido do espelho é  $\Delta x$ , deduza a expressão do índice de refração do líquido em função deste deslocamento, do comprimento de onda  $\lambda$  do laser e do número  $\Delta m$  de franjas deslocadas.



17 – Um dos espelhos paralelos e planos de um interferômetro de Fabry-Perot é posicionado dentro de uma cuba com um líquido cujo índice de refração se deseja medir, como mostra a figura. Este espelho é movido por um parafuso micrométrico que fornece deslocamentos lidos através do tambor do micrômetro. Se o deslocamento medido do espelho é  $\Delta x$ , deduza a expressão do índice de refração do líquido em função deste deslocamento, do comprimento de onda  $\lambda$  do laser e do número  $\Delta m$  de franjas deslocadas.



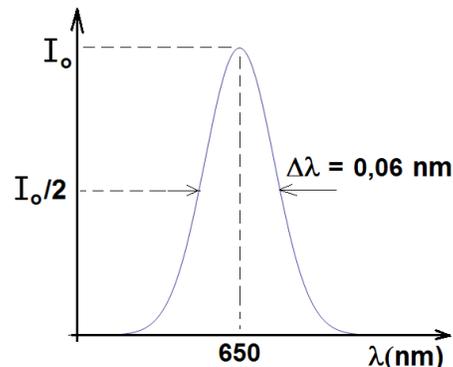
18 – Uma cuba de largura  $t$  é posicionada num dos braços de um interferômetro de Mach-Zehnder modificado, como mostra a figura. À medida que a pressão interior da cuba é diminuída, franjas de interferência são deslocadas, conforme o gráfico. a – Determine a expressão para o índice de refração do ar  $n_{ar}$  ambiente em função do comprimento de onda  $\lambda$ , de  $t$ , e do número de franjas deslocadas  $\Delta m$ ; b – Calcule o índice de refração do ar, com base nos dados do gráfico. O laser é o He-Ne, e  $t = 1\text{cm}$ .



19 – Um laser de largura espectral 50 GHz emitindo em torno de 650 nm é usado num interferômetro de Michelson. Calcule a maior diferença possível  $L_1 - L_2$  entre os braços do interferômetro dentro da qual o padrão de interferência ainda pode ser observado.

20 – Um laser, cujo espectro de emissão é mostrado ao lado, é usado num interferômetro de Mach Zehnder.

Calcule a maior diferença  $L_1 - L_2$  possível entre os braços do interferômetro dentro da qual o padrão de interferência ainda pode ser observado com visibilidade.



21 – Uma pequena fibra óptica de índice de refração 1,50 é colocada num dos braços de um interferômetro de Mach-Zehnder. Assuma que a distância entre os divisores de feixes DF1 e DF2 é exatamente igual nos dois braços do interferômetro. O laser utilizado tem o espectro de emissão mostrado abaixo. a (1,25) – Calcule o tempo de coerência do laser; b (1,25) - Determine o máximo comprimento  $L$  da fibra para que um padrão de interferência estável e de boa visibilidade possa ser obtido.

