

Lista de Exercício de Lab. de Física IV.
Assunto: Interferência, difração e espectroscopia.

- 1) Na montagem experimental mostrada na figura a seguir $D = 2 \text{ m}$, sendo utilizado um LASER de He/Ne de comprimento de onda de 632 nm e cujo comprimento de coerência da luz é de 6 cm .

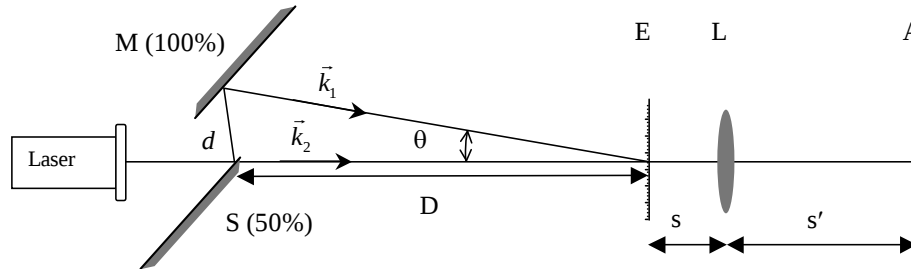


Diagrama para montagem do experimento de interferência de ondas planas (o desenho não está feito em escala). S = separador de feixe, M = espelho, E = escala micrométrica, L = lente e A = anteparo.

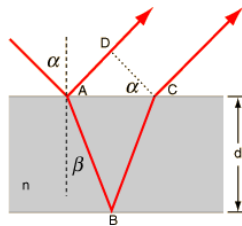
- a) Esboce o padrão de interferência observado (indicando a separação entre as franjas escuras, Λ) nos casos em que $d = 8 \text{ cm}$, 3.5 cm .
- b) Os experimentos foram repetidos utilizando um outro LASER com comprimento de onda desconhecido. Foram realizadas um série de medidas onde separação entre as franjas escuras foram medidas para diferentes comprimentos d , obtendo-se os seguintes resultados:

$\Lambda \text{ (}\mu\text{m)}$	$d \text{ (cm)}$
110	1
90	1.3
55	2
35	3
30	4
25	5

Qual é o gráfico (envolvendo Λ e d) mais adequado para se obter o comprimento de onda do LASER? Faça esse gráfico e obtenha o comprimento de onda.

- 2) Um ex-estudante do IFSC, recém contratado em uma universidade, é encarregado de montar um experimento de interferência de ondas planas. Ele resolve fazer uma montagem idêntica a realizada em seu curso (figura do exercício anterior). Verifica então que o laboratório possui somente suportes ópticos, espelhos, um semi-espelho de 50% de refletância e uma mesa para montagem. Decidido a realizar o experimento e com 25 R\$ no bolso, ele vai a uma loja local de produtos populares (loja de 1,99 R\$) e compra um laser pointer de comprimento de onda de $\lambda = 650 \text{ nm}$ por 10 R\$, uma lupa com foco de 4 cm por 5 R\$ e uma trena milimetrada de 3 metros por 5 R\$. De posse desses equipamentos, ele fixa o laser e posiciona um semi-espelho e um espelho separados por uma distância x , de modo a gerar dois feixes paralelos. Depois disso, inclina ligeiramente o espelho de modo a provocar a sobreposição dos feixes a uma distância L do semi-espelho. No ponto de sobreposição, ele verifica uma cintilação característica de processo de interferência, mas não consegue medir o padrão devido às suas dimensões. Assim, para ampliar o padrão de interferência ele posiciona a lupa adquirida a uma distância S do ponto de interferência e projeta o padrão a uma distância S' da lupa. Nesta situação ele consegue observar e medir o padrão de interferência com a trena.

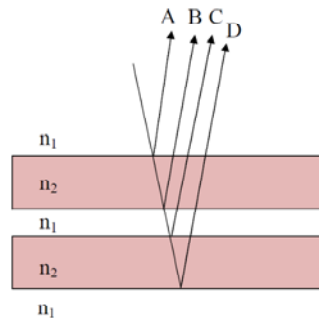
- a) (1,0 ponto) Faça um desenho esquemático do experimento, especificando as distâncias x , L , S e S' .
- b) (2,0 pontos) Deduza a expressão que relaciona a distância entre dois máximos de interferência consecutivos projetados no anteparo com as grandezas λ , x , L , S e S' .
- c) (1,5 ponto) Proponha valores razoáveis para x , L e calcule S e S' de modo que a medida da distância entre dois máximos de interferência consecutivos projetados no anteparo (com a trena) possa ser feita com precisão superior a 10% (suponha que o erro na medida seja somente devido a medida com a trena milimetrada).
- d) (1,5 ponto) Considerando os valores escolhidos, faça um esboço do padrão projetado com escala em milímetros e do padrão real com escala em μm , indicando o valor da distância entre máximos de interferência nos dois casos.
- 3) Na figura abaixo está mostrado um filme de espessura d feito de material de índice de refração n imerso no ar. Um feixe de luz incide no ponto A em um ângulo α , sendo parcialmente refletido e transmitido. O feixe transmitido sofre uma segunda reflexão no ponto B e é então transmitida de volta a região de incidência. Encontre a expressão para diferença de caminho óptico entre os dois feixes refletidos em função de n , d e β . Determine a diferença de fase entre os feixes e as condições para que ocorra interferência destrutiva e construtiva entre os feixes.



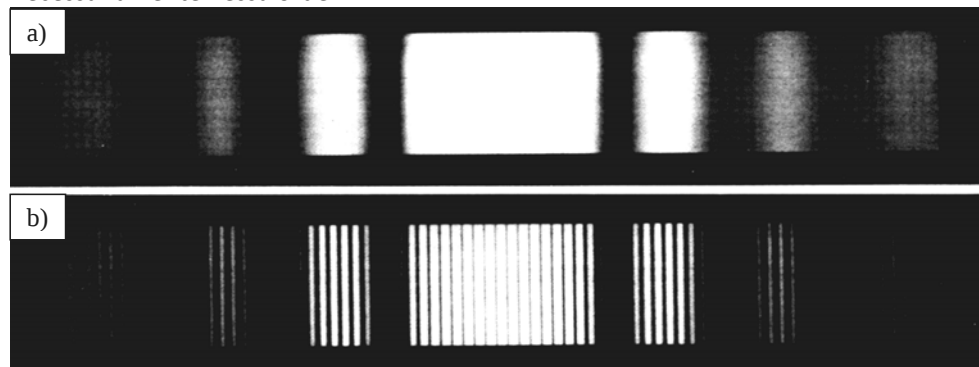
- 4) Uma bolha de sabão 250 nm de espessura é iluminada por luz branca. O índice de refração do filme de sabão é de 1.36. Quais as cores que não são vistas na luz visível refletida? Quais as cores aparecem mais intensas na luz refletida? Qual é a cor que o filme de sabão será visto.
- 5) Uma lente de câmera com índice de refração de $n = 1,5$ é revestida com uma película anti-refletora de fluoreto de magnésio ($n = 1,24$). Qual deve ser a menor espessura do filme para minimizar a luz refletida com um comprimento de onda de 450 nm?
- 6) Duas superfícies planas de vidro ($n=1,5$) são separadas por uma película de ar com uma espessura uniforme de 870 nm. Se o filme for iluminado perpendicularmente por uma luz com comprimento de onda de 580nm, preveja se a luz refletida dará origem a uma área brilhante ou escura. Para qual (ou quais?) espessura(s) da película de ar se observaria uma área escura?
- 7) Na natureza o padrão de cores observados em certos animais (besouro, borboleta, pavão, etc.) é determinado pelo fenômeno de interferência em filmes finos. Considere por exemplo que a asa de um besouro seja composta por duas camadas de quitina ($n_2 = 1,56$,

mostradas na cor vermelha da figura abaixo) separadas por uma fina camada de ar ($n_1 = 1$) conforme mostrado na figura abaixo. A cor da borboleta é definida então pela ocorrência de interferência construtiva entre os feixes refletidos em cada interface (feixes A,B,C e D) da figura abaixo. Pede-se:

- Deduz a relação entre a espessura da camada de quitina, o índice de refração n_2 e o comprimento da luz incidente, que faz com que haja interferência construtiva entre os feixes A e B.
- Deduz a relação entre a espessura da camada de ar, o índice de refração n_1 e o comprimento da luz incidente, que faz com que haja interferência construtiva entre os feixes B e C.
- Nas condições deduzidas nos itens a) e b) o que você pode dizer sobre as interferências entre os feixes A e C, C e D, B e D, A e D? Justifique.
- Determine quais devem ser a espessura mínima das camadas de ar e quitina para que a borboleta seja vista na cor azul ($\lambda \sim 470 \text{ nm}$), verde ($\lambda \sim 520 \text{ nm}$), amarelo ($\lambda \sim 580 \text{ nm}$) e vermelho ($\lambda \sim 650 \text{ nm}$).



- 8) A figura abaixo mostra o padrão de difração de uma fenda e de duas fendas, não necessariamente nessa ordem.



- Identifique na figura os padrões de uma fenda e de duas fendas. **Explique.**
- Explique como se altera o padrão de duas fendas com:
 - a aproximação das fendas;
 - estreitamento das mesmas;
 - aumento do comprimento de onda.
- Se o comprimento de onda da luz incidente for de 700 nm e as fendas tiverem $0,001 \text{ mm}$ de largura e forem separadas por $0,2 \text{ mm}$. Quantas franjas claras serão observadas na região central.

- 9) Um laser de comprimento de onda desconhecido incide perpendicularmente em uma grade de difração de 300 linhas/mm. A 1m desta grade está posicionada um anteparo paralelo a grade onde se observa as ordens de difração. A primeira ordem é observada a 20 cm do máximo central. Determine o comprimento de onda do laser e a posição das linhas de segunda e terceira ordem em relação ao máximo central.
- 10) Um pesquisador necessita realizar um experimento que consiste em excitar um sistema atômico com os comprimentos de onda de 750 nm e 1500 nm simultaneamente. Para isso, ele precisa sobrepor espacialmente dois feixes de luz com esses comprimentos de onda. Ele dispõe de uma lâmpada de filamento de 100 W, um filtro passa faixa que transmite de 650 a 2000 nm, uma grade de difração por transmissão de 50 linhas/mm, uma fenda de largura ajustável e um anteparo com um escala em mm. Ele pensa no problema e conclui que pode utilizar a sobreposição espacial de feixes correspondentes a diferentes ordens de difração da luz branca para excitar o sistema. Decide então montar um aparato análogo ao que utilizou no seu curso de Lab. de Física IV (que foi igual ao experimento de espectroscopia que vocês realizaram). Depois de posicionar a lâmpada, a fenda, o filtro e a grade de difração, ele posiciona um anteparo de 50 cm de comprimento a 1m da grade de modo que o feixe de luz correspondente a difração de ordem 0 seja perpendicular ao mesmo. Sobre esse anteparo, ele posiciona uma amostra do sistema atômico a ser bombeado, sendo que essa amostra pode deslizar sobre o anteparo, ou seja, pode ser movida na direção perpendicular ao feixe de ordem zero.
- Faça um desenho esquemático do experimento.
 - Equacione o experimento determinando quais as possíveis posições em que a amostra deve ser colocada no anteparo (em relação a posição do máximo de ordem zero) para que ele consiga observar o efeito desejado. Quais as ordens de difração para 750 nm e 1500 nm que isso acontece?
 - Inicialmente, para verificar o aparecimento do efeito, o pesquisador deseja que o sistema atômico seja bombeado com a mais alta intensidade possível. Em qual posição no anteparo ele deve colocar a amostra? Justifique sua resposta.
 - Após verificar o fenômeno desejado, o pesquisador precisa fazer uma medida com a maior seletividade possível. Em qual posição ele deve colocar a amostra? Justifique a sua resposta.
 - Se ele verificar que a seletividade ainda não é a desejada, quais modificações ele poderia realizar na montagem experimental para melhorar o resultado. Justifique sua resposta.
- 11) Num experimento de interferência com redes de difração, utiliza-se uma lâmpada de hidrogênio que emite luz com comprimento de onda $\lambda = 656,3$ nm. Estando o anteparo a uma distância de 3m da rede, o primeiro máximo (ordem 1) aparece a 19,689 cm do máximo de ordem 0. Calcule a constante de rede (inverso do espaçamento entre as linhas na rede, em linhas/mm). Se utilizarmos uma lâmpada de mercúrio, ao invés da de hidrogênio, as distâncias das linhas em ordem 2 ao máximo de ordem 0, serão de 32,8 e 34,7 cm com larguras de 1,0 cm, para as linhas verde e amarelo de mercúrio, respectivamente.
- Quais são os comprimentos de onda dessas linhas?
 - Se o espectro de ordem 1 for observado qual será as larguras das linhas neste caso? Seria possível resolver as linhas neste caso?