

### 3ª LISTA DE ÓPTICA II

1 – Um arranjo experimental consiste de dois polarizadores paralelos verticais (polarizador e analisador) e entre eles, uma placa bi-refringente cujo eixo óptico faz um ângulo de  $\theta$  com o eixo do polarizador. O índice de refração ordinário da placa é  $n_o$ , e o extraordinário,  $n_e$ . Sobre o arranjo, incide-se luz natural de comprimento de onda  $\lambda$ . A placa birrefringente faz a componente x do campo andar um caminho óptico  $7\lambda/2$  maior que o caminho da componente y. a – Escreva a expressão do vetor campo elétrico da luz à saída da placa birrefringente em termos dos versores  $i$  e  $j$ ; b – Se  $\theta = 30^\circ$ , calcule a razão entre a intensidade da luz incidente sobre o conjunto e a intensidade da luz que sai do analisador (segundo polarizador); c - Calcule qual deveria ser a mínima espessura da placa bi-refringente para que a luz com  $\lambda = 550$  nm (luz verde) fosse barrada ao passar pelo analisador (segundo polarizador), se  $\theta = 45^\circ$ ,  $n_o = 1,5100$  e  $n_e = 1,5102$ .

2 - Um arranjo experimental consiste de dois polarizadores paralelos, e entre eles, uma placa bi-refringente cujo eixo óptico faz um ângulo de  $45^\circ$  com o eixo dos polarizadores. O índice de refração ordinário da placa é 1,50, e o extraordinário, 1,51. Sobre o arranjo, incide-se luz natural branca. a – Calcule quais as três menores espessuras da placa bi-refringente para que a luz azul (480nm) seja bloqueada pelo analisador (segundo polarizador); b – para esta espessura, determine para qual o comprimento de onda luz sofrerá menos perdas ao passar pelo conjunto sofrerá menos perdas ao passar pelo conjunto.

3 – Considere luz linearmente polarizada definida pelo vetor campo elétrico  $\vec{E} = E_o \cos\theta \vec{i} + E_o \sin\theta \vec{j}$ . Esta luz passa por um material bi-refringente, com eixo óptico com ângulo  $\theta$  em relação à polarização da luz incidente, e que faz a componente x do campo andar um caminho óptico  $\lambda/2$  maior que o caminho da componente y. a – Calcule a rotação da luz ao passar pela placa, se  $\theta = 30^\circ$ ; b – Mostre que, para haver rotação de polarização de  $90^\circ$ , o caminho óptico introduzido numa das componentes deve ser múltiplo inteiro ímpar de  $\lambda/2$  e  $\theta = 45^\circ$ .

4 – Luz linearmente polarizada incide sobre uma placa de meia-onda (que introduz diferenças de caminho óptico múltiplos ímpares de  $\lambda/2$  entre a onda ordinária e a extraordinária), com direção de polarização que faz um ângulo  $\theta$  com o eixo óptico da placa. Mostre que a direção de polarização da luz sofre uma rotação de  $2\theta$  ao sair da placa.

5 – Uma placa com birrefringência  $10^{-2}$  é colocada entre dois polarizadores paralelos, e submetida à incidência normal com luz branca. Nota-se que dois comprimentos de onda têm máxima transmissão, 400 nm e 600 nm. Calcule a espessura desta placa.

6 - Uma placa feita de uma resina transparente, quando tensionada como na figura 1, torna-se birrefringente. O padrão de franjas que surge quando a peça é colocada entre polarizadores cruzados e flexionada está mostrado na figura 2. As franjas referem-se à interferência destrutiva para a luz amarela (580 nm). A fase  $\delta$  introduzida pela birrefringência relaciona-se com a constante fotoelástica  $C$  e a espessura  $d$  da placa de acordo com  $\delta = Cd(\sigma_p - \sigma_Q)$ , onde  $C = 4,00 \times 10^{-4} \text{ rad/m.Pa}$  e  $d = 5 \text{ mm}$ . a - Mostre que a intensidade da luz através do conjunto pode ser dada pela equação  $I = I_0 \text{sen}^2(2\theta) \text{sen}^2(\delta/2)$ , onde  $\theta$  é o ângulo entre o eixo de transmissão do polarizador; b - Calcule a diferença  $\sigma_p - \sigma_Q$  entre as tensões principais na placa nas franjas 1, 2 e 3; c - Determine a birrefringência induzida

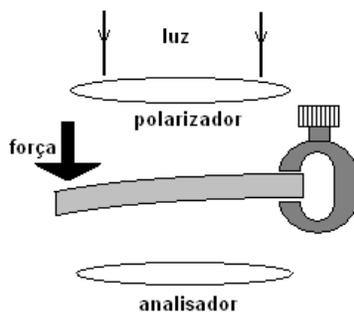


fig. 1

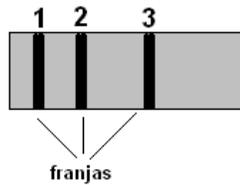
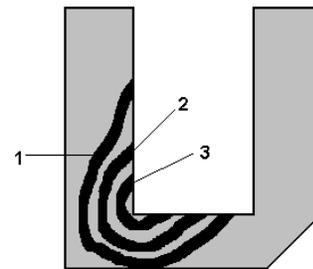


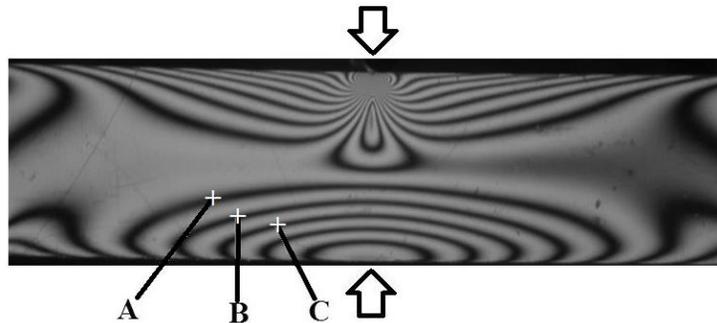
fig. 2

7 - Uma peça feita de uma resina transparente, quando tensionada, torna-se birrefringente. O padrão de franjas que surge quando a peça é colocada entre polarizadores cruzados está mostrado ao lado. A franja 1 refere-se à primeira ordem para a luz verde (530 nm), e as franjas 2 e 3, às ordens subsequentes. A fase introduzida pela birrefringência relaciona-se com a constante fotoelástica  $C$  e a espessura  $d$  da placa de acordo com  $\delta = Cd(\sigma_p - \sigma_Q)$ , onde  $C = 1,25 \times 10^{-4} \text{ rad/m.Pa}$  e  $d = 5 \text{ mm}$ . Calcule: a - a diferença  $\sigma_p - \sigma_Q$  entre as tensões principais na placa nas regiões 1, 2 e 3; b - A birrefringência induzida nestas três regiões.



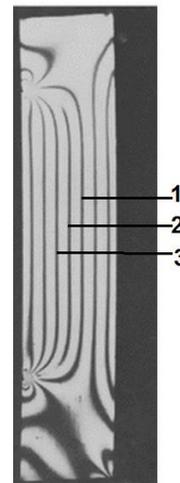
8 - Uma peça circular feita de uma resina transparente, quando solicitada como na figura, torna-se birrefringente. O padrão de franjas que surge quando a peça é colocada entre polarizadores cruzados e iluminada por um laser de neodímio dobrado em frequência ( $\lambda = 532 \text{ nm}$ ) está mostrado ao lado. A franja A **escura** refere-se à **interferência destrutiva**, e as franjas B e C, **também escuras**, às ordens subsequentes. A fase introduzida pela birrefringência relaciona-se com a constante fotoelástica  $C$  e a

espessura  $d$  da placa de acordo com  $\delta = Cd(\sigma_p - \sigma_q)$ , onde  $C = 2,6 \times 10^{-4} m^{-1} \cdot Pa^{-1}$  e  $d = 3$  mm.

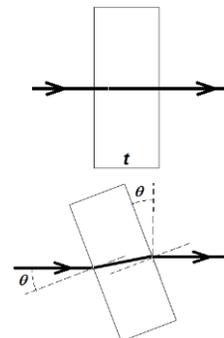


a – Deduza a intensidade da luz após o analisador em função do ângulo  $\theta$  entre a polarização incidente e o eixo óptico da amostra, e da diferença de fase  $\delta$ ; b – calcule a diferença  $\sigma_p - \sigma_q$  entre as tensões principais na placa nas regiões 1, 2 e 3; c – Mostre com o símbolo “+” as regiões da placa onde há maior acúmulo de tensões, e com o símbolo “-” as regiões menos tensionadas.

9 - Uma peça retangular feita de uma resina transparente, quando tensionada, torna-se birrefringente. O padrão de franjas que surge quando a peça é colocada entre polarizadores cruzados e iluminada pela luz da lâmpada de Sódio ( $\lambda = 589$  nm) está mostrado ao lado. A franja 1 *escura* refere-se à **interferência destrutiva** em primeira ordem e as franjas 2 e 3, *também escuras*, às ordens subsequentes. A fase introduzida pela birrefringência relaciona-se com a constante fotoelástica  $C$  e a espessura  $d$  da placa de acordo com  $\delta = Cd(\sigma_p - \sigma_q)$ , onde  $C = 1,05 \times 10^{-4} rad / m \cdot Pa$  para  $\lambda = 589$  nm e  $d = 5$  mm. a – calcule a diferença  $\sigma_p - \sigma_q$  entre as tensões principais na placa nas regiões 1, 2 e 3; b – Calcule a birrefringência  $|n_e - n_o|$  em cada uma destas regiões; c – Mostre com o símbolo “+” as regiões da placa onde há maior acúmulo de tensões, e com o símbolo “-” as regiões menos tensionadas.

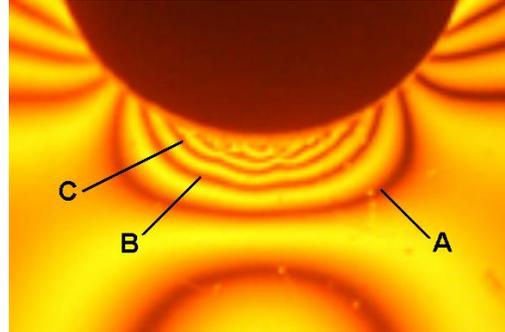


10 - Um arranjo experimental consiste de dois polarizadores cruzados, e entre eles, uma placa bi-refringente cujo eixo óptico faz um ângulo de  $45^\circ$  com o eixo dos polarizadores. O índice de refração ordinário da placa é 1,50, e o extraordinário, 1,51. Sobre o arranjo, incide-se luz do laser He-Ne. Quando a incidência é normal (1ª figura, com a placa birrefringente vista de cima), nota-se que a luz do laser é barrada. À medida que placa é girada, de modo que a incidência passa a ser oblíqua, a intensidade da luz aumenta, luz atinge um valor



máximo, volta a decrescer, voltando a ser barrada quando  $\theta = 5^\circ$ .  
Calcule a espessura da placa birrefringente.  $\lambda = 632,8 \text{ nm}$ .

11 – A figura ao lado mostra o detalhe de uma peça feita de uma resina transparente que, quando tensionada, torna-se birrefringente. O padrão de franjas que surge quando a peça é colocada entre polarizadores cruzados e iluminada pela luz da lâmpada de Sódio ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ). A franja A *escura* refere-se à **interferência destrutiva** em primeira ordem. A fase causada pela birrefringência relaciona-se com a constante fotoelástica  $C$  e a espessura  $d$  da placa de acordo com  $\delta = Cd(\sigma_p - \sigma_q)$ , onde  $C = 3,05 \times 10^{-4} \text{ rad/m.Pa}$  para  $\lambda = 589 \text{ nm}$  e  $d = 4 \text{ mm}$ .



a – calcule a diferença  $\sigma_p - \sigma_q$  entre as tensões principais na placa nas franjas escuras A, B e C;

b – calcule a birrefringência induzida nestas três regiões.

12 - a– Defina e explique os processos de absorção, emissão espontânea e emissão estimulada.

b – Defina inversão de população, e qual a sua relação com a oscilação laser.

13 – Compare um laser de três níveis com um de quatro níveis, mostrando seus níveis de energia e seus princípios de emissão. Explique por que a inversão de população é mantida mais facilmente no segundo tipo, e explique como este aspecto influencia as formas de emissão destes tipos de laser.

14 – Faça um desenho esquemático de um sistema laser genérico, indicando os seguintes itens: a) meio laser ativo, b) espelhos, c) sistema de bombeamento óptico.