

Prática 7: Interferência I: Anéis de Newton

I - Introdução

Nesta prática, vamos estudar os fenômenos de interferência que ocorrem com fontes de luz, verificando as leis físicas que governam tais processos. Neste experimento, em particular, estudaremos os anéis de Newton.

Sempre que surgir uma dúvida quanto à utilização de um instrumento, o aluno deverá consultar o professor, o monitor ou o técnico do laboratório para esclarecimentos.

II - Teoria

A teoria da interferência ótica é baseada, essencialmente, no princípio de superposição de campos eletromagnéticos. Segundo este, o campo elétrico (E), produzido em um ponto do espaço devido a várias fontes é igual à soma de todos os campos das diferentes fontes. Assim:

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \dots \quad [1]$$

Consideremos, inicialmente, ondas monocromáticas e coerentes. Nesse caso, temos que a intensidade, em um ponto qualquer, é proporcional ao quadrado da amplitude do campo elétrico. A superposição de duas

ondas planas monocromáticas resulta em uma amplitude dada por:

$$\begin{aligned}
 I &= |\mathbf{E}|^2 = \mathbf{E} \cdot \mathbf{E}^* = (\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2) \cdot (\mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2)^* = \\
 &= |\mathbf{E}_1|^2 + |\mathbf{E}_2|^2 + 2|\mathbf{E}_1||\mathbf{E}_2|\cos(\varphi) = \quad [2] \\
 &= I_1 + I_2 + 2|\mathbf{E}_1||\mathbf{E}_2|\cos(\varphi)
 \end{aligned}$$

onde

$$\varphi = \mathbf{K}_1 \cdot \mathbf{r} - \mathbf{K}_2 \cdot \mathbf{r} + \varphi_1 - \varphi_2 \quad [3]$$

O termo proporcional a $\cos(\varphi)$ é chamado termo de interferência. Além disso, esta equação pode gerar as variações de intensidade, conhecidas como franjas de interferência, quando dois feixes coerentes são combinados. Entretanto, quando as fontes são incoerentes, o termo $\varphi_1 - \varphi_2$ varia aleatoriamente, não gerando interferência. Se, ainda, os campos tiverem polarização ortogonal, não ocorrerá o fenômeno de interferência.

II.1 - Anéis de Newton

A Figura 1 mostra uma onda luminosa que reflete em duas superfícies separadas entre si por uma distância d .

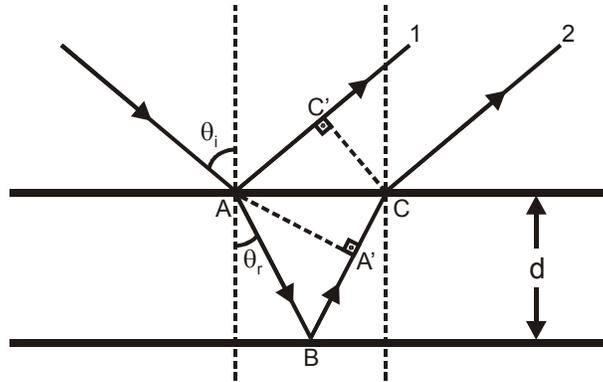


Figura 1: Diferença de caminho ótico entre as reflexões em duas superfícies separadas entre si por uma distância d .

As ondas 1 e 2 percorrem caminhos diferentes gerando, desta forma, uma diferença de fase entre elas, o que acarretará o surgimento do fenômeno de interferência. Esta diferença de fase é dada por:

$$\Delta\varphi = K\Delta l - \pi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta l - \pi \quad [4]$$

onde K é o vetor de onda e Δl é a diferença de caminho ótico. O fator π surge devido ao fato de que uma das ondas é defasada desse valor quando reflete na superfície. Além disso, a diferença de caminho ótico entre as ondas 1 e 2 é dada por:

$$\Delta l = n(\overline{AB} + \overline{BC}) - n'\overline{AC'} = 2n\overline{AB} - n'\overline{AC'} \quad [5]$$

Usando trigonometria e a lei de *Snell*, podemos mostrar que:

$$\Delta l = 2nd \cos(\theta_r) \quad [6]$$

que para o caso de incidência normal pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\Delta l = 2nd \quad [7]$$

Assim, podemos obter máximos e mínimos de intensidade fazendo, respectivamente:

$$\Delta\varphi = 2m\pi \Rightarrow \Delta l = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad [8]$$

$$\Delta\varphi = (2m + 1)\pi \Rightarrow \Delta l = m\lambda \quad [9]$$

onde m é um número inteiro maior que zero.

Os anéis de Newton são obtidos devido à interferência das ondas refletidas pela superfície de uma lente convexa e uma placa de vidro plana. Entre estas superfícies há uma fina camada de ar que gera a diferença de caminho óptico (Figura 2) e, conseqüentemente, a interferência.

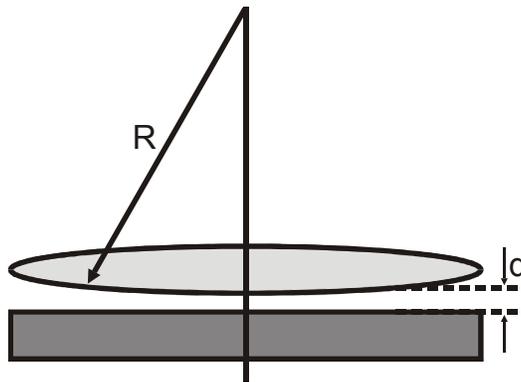


Figura 2: Placa plana e lente biconvexa utilizadas para formação dos anéis de Newton.

Como a espessura (d) da camada de ar varia, é possível observar anéis de diferentes raios. O diâmetro dos anéis claros pode ser escrito como:

$$D_m = 2\sqrt{\left(m + \frac{1}{2}\right)R\lambda} \quad [10]$$

onde consideramos $d \ll R$ e $n = 1$.

III - Experimentos

Neste experimento vamos estudar os anéis de Newton. Para isso, monte o aparato, como mostrado na Figura 3, substituindo a lente por uma escala micrométrica.

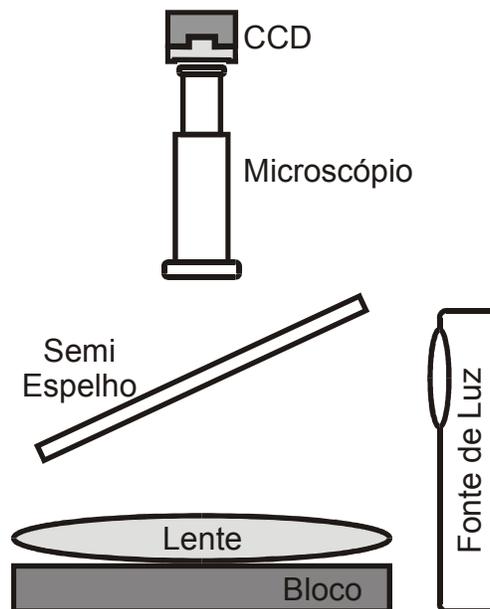


Figura 3: Aparato experimental para obtenção dos anéis de Newton.

➤ Olhando diretamente através do microscópio (sem a câmera CCD), ajuste seu foco até obter a maior nitidez na visualização da escala micrométrica.

➤ Nessa condição, substitua a escala pela lente biconvexa e verifique o aparecimento dos anéis de Newton.

➤ Acople a câmera CCD ao microscópio e ajuste a posição da lente de forma a centralizar, no monitor, os anéis.

➤ Meça, com auxílio do osciloscópio, o diâmetro dos anéis para os dois lados da lente.

Importante: Note que a medida será feita em unidade de tempo, o que não faz muito sentido. Dessa forma, será necessário realizar uma calibração posterior utilizando a escala micrométrica. Para isso, substitua, sem mexer no microscópio, a lente pela escala micrométrica, utilizada anteriormente. Ajuste a posição da escala até que a mesma esteja nítida. Calibre o osciloscópio.

➤ Faça um gráfico de D^2 versus m e obtenha, a partir do mesmo, o valor de λ . Compare com o valor esperado.

➤ Demonstre, em seu relatório, as equações [7] e [10].

IV - Bibliografia

Fowles, G. R., *“Introduction to Modern Optics”*, Cap. 3.