



Experimento 3

Ótica ondulatória

Experiência III - Polarização da luz

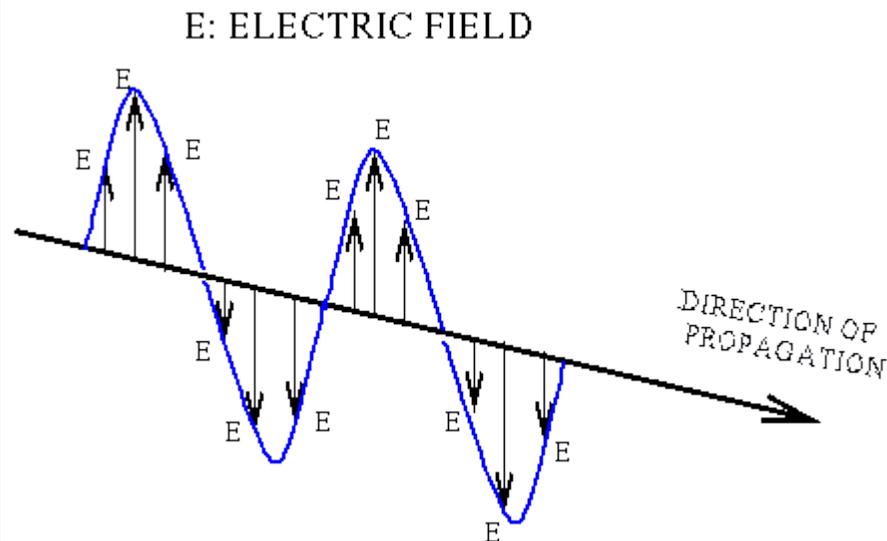
- Objetivos – Estudar o fenômeno de polarização da luz
 - Semana 1 – Lei de Malus
 - Semana 2 – Atividade óptica de elementos
 - Estudo da birrefringência em soluções de açucares
 - Semana 3 – Polarização por reflexão

Mudança na direção de polarização da luz

- Esta semana iremos estudar como a polarização da luz pode ser alterada por determinados materiais
 - Materiais opticamente ativos

Polarização linear

- É aquela na qual a direção do campo elétrico não se altera com o tempo, somente a sua intensidade



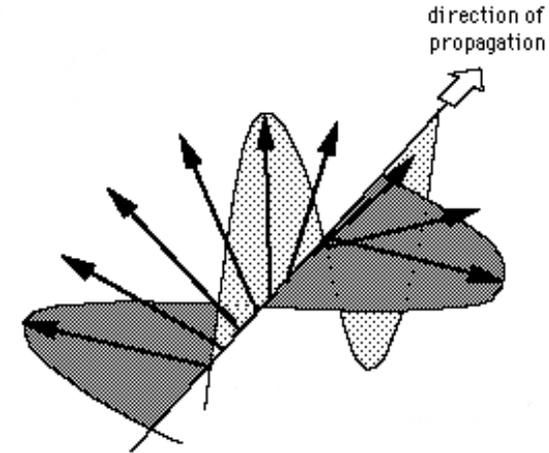
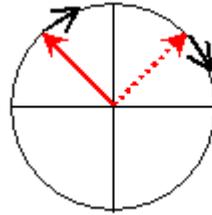
- No caso de uma onda de frequência bem definida, podemos escrever o campo elétrico como:

$$\vec{E}(z,t) = E_0 \cos(kz - \omega t) \hat{j}$$

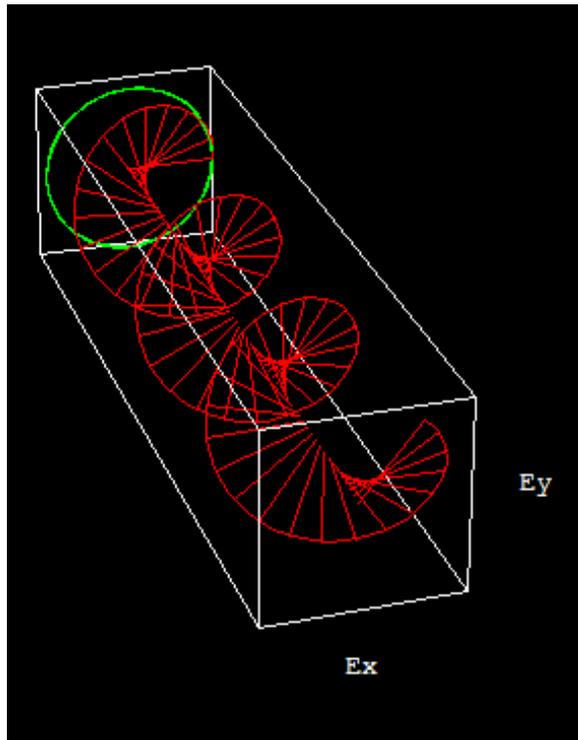
$$k = 2\pi / \lambda$$

$$\omega = 2\pi f$$

Polarização circular



- É aquela na qual a direção do campo elétrico depende do tempo mas a intensidade é constante



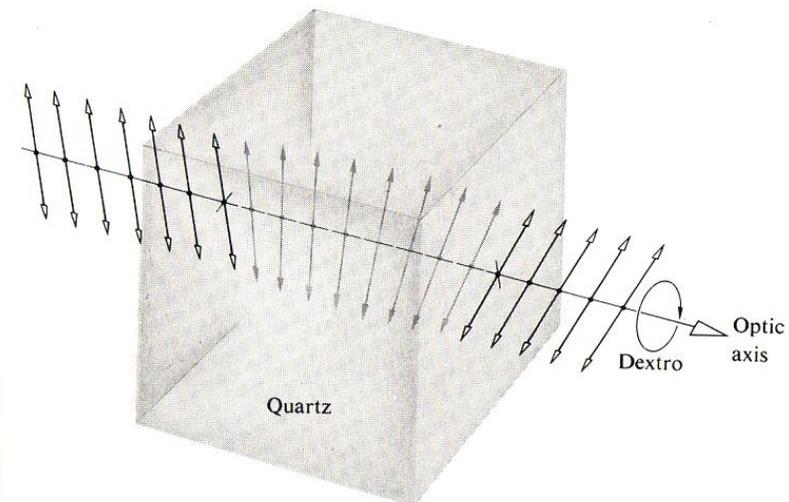
- No caso da polarização circular, podemos escrever o campo elétrico como a superposição de dois campos linearmente polarizados, defasados de 90° , ou seja:

$$\vec{E}(z,t) = E_0 \begin{bmatrix} \cos(kz - \omega t) \hat{j} \\ + \\ \text{sen}(kz - \omega t) \hat{i} \end{bmatrix}$$

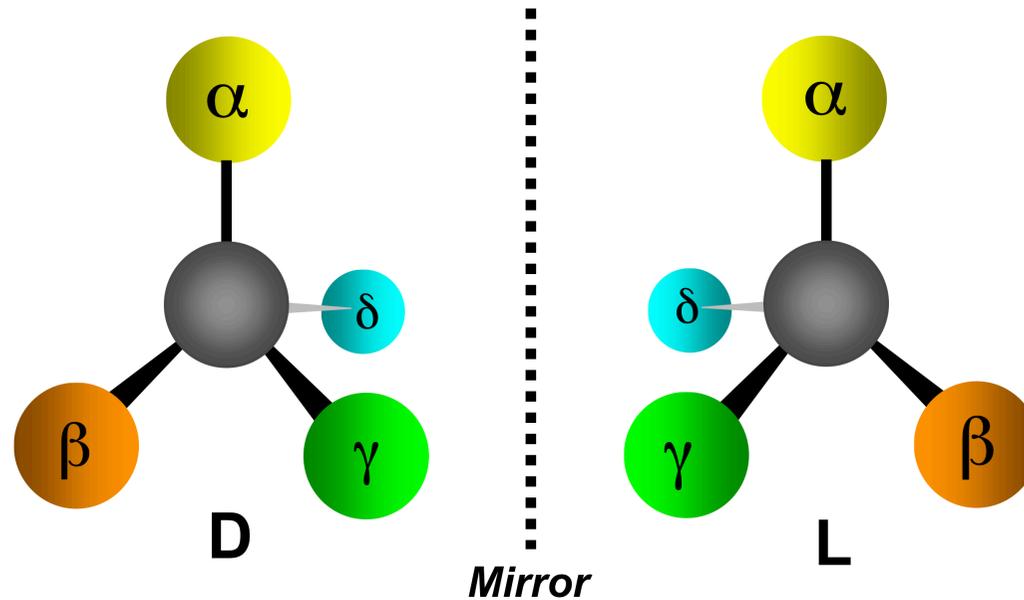
Atividade óptica

- Foi descoberto pelo físico francês D. F. J. Arago em 1811 que o plano de vibração de um feixe de luz polarizada sofria uma rotação constante à medida que se propagava dentro de um cristal de quartzo.
- Alguns materiais (incluindo cristais e soluções líquidas) têm a propriedade de induzir a rotação contínua da polarização da luz

- Chamada atividade óptica
 - Dextro-rotatória
 - Para a direita
 - Levo-rotatória
 - Para a esquerda



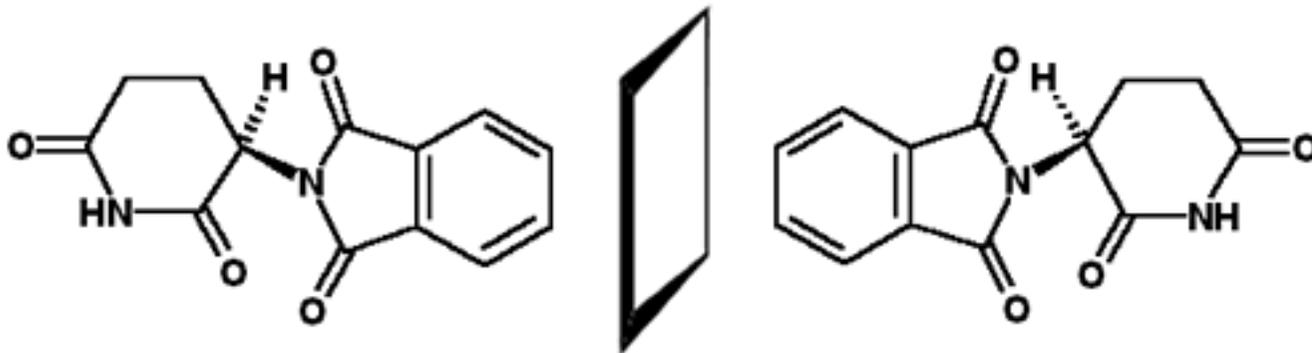
Moléculas dextrogenas e levógenas (imagens especulares)



É impossível chegar em L fazendo rotações e translações em D
Uma solução contendo a molécula D é fisicamente diferente
de uma contendo a molécula L

Um exemplo famoso na história

- A molécula de talidomida $C_{13}H_{10}N_2O_4$ (1957)
 - Usada nos anos 50 e 60 para enjoos durante a gravidez
 - Duas formas moleculares – dextrógena e levógena



R-Thalidomide
(sleep-inducing)

S-Thalidomide
(teratogenic)

Um exemplo famoso na história

- A forma levógena da talidomida causa defeitos severos de nascença
- A forma dextrógena é um ótimo analgésico

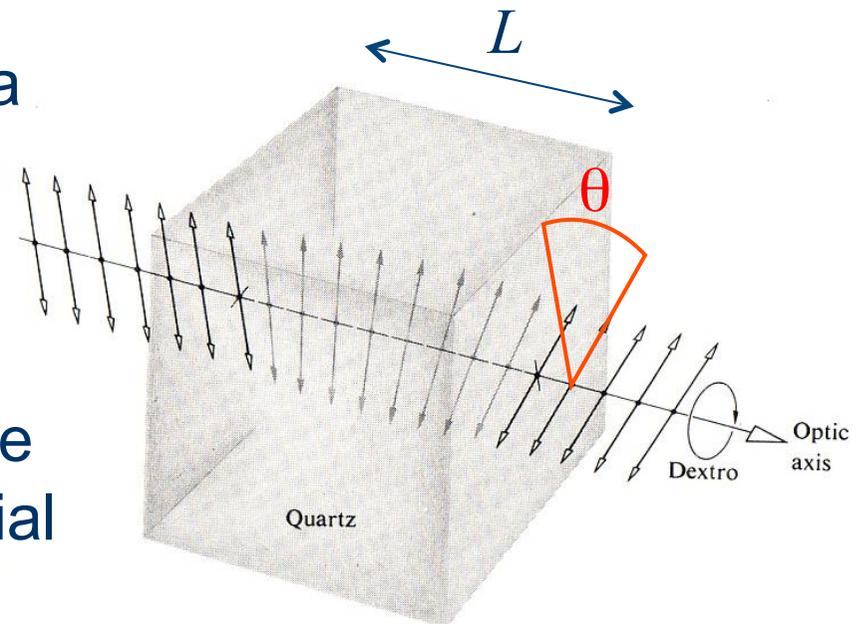


Atividade óptica

- Seja um material de espessura L .
- Qual o ângulo θ de giro da polarização?
- Sendo β (rad/cm) a capacidade de rotação da polarização (constante)

$$\theta = \beta L$$

- A constante β depende da estrutura do material



Atividade óptica

- Fresnel explicou (1825) o efeito através de um modelo fenomenológico

- Seja uma onda linearmente polarizada

$$\vec{E} = E_0 \cos(kx - \omega t) \hat{i}$$

- Podemos escrever esta onda como sendo a superposição de duas ondas circularmente polarizadas

$$\vec{E} = \frac{E_0}{2} \left[\begin{array}{l} \cos(kx - \omega t) \hat{i} + \sin(kx - \omega t) \hat{j} + \\ \cos(kx - \omega t) \hat{i} - \sin(kx - \omega t) \hat{j} \end{array} \right]$$

Atividade óptica

- Ou seja, podemos descrever o campo elétrico como

$$\vec{E} = \frac{E_0}{2} [\vec{d} + \vec{e}]$$

- Onde os vetores d e e representam ondas circularmente polarizadas para a direita e esquerda
- Fresnel propôs que estes materiais possuem índice de refração diferentes para cada sentido de polarização.

$$n_d = \frac{c}{v_d} \quad n_e = \frac{c}{v_e}$$

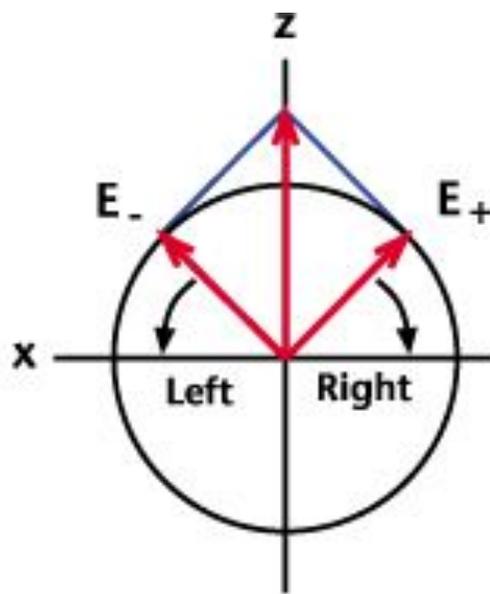
Atividade óptica

- Ou seja, podemos descrever o campo elétrico como

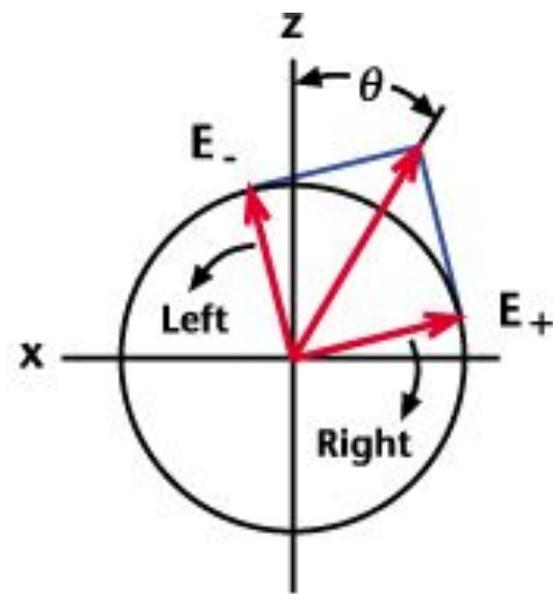
$$\vec{E} = \frac{E_0}{2} [\vec{d} + \vec{e}]$$

- Neste caso, a velocidade de propagação diferente para cada polarização acarretaria em um atraso de uma onda em relação a outra, dependendo da espessura, L , do material
 - Isto provocaria a rotação contínua da polarização da onda.
 - Ver o livro Optics de E. Hecht para demonstração deste modelo.

Visualmente



Incident light



Exiting light

Objetivos da aula de hoje

- Estudar a atividade óptica de uma solução de açúcar

$$\Delta\theta = CL^\beta \Rightarrow C = \alpha\rho^\delta \Rightarrow \Delta\theta = \alpha L^\beta \rho^\delta$$

- No caso da solução de açúcar, a atividade óptica depende fortemente da concentração de açúcar na água

Objetivos da aula de hoje

- Mostrar que a mudança na direção da polarização de um feixe linearmente polarizado depende:

$$\Delta\theta = \alpha L^\beta \rho^\delta$$

- Linearmente da concentração de açúcar ($\delta = 1$)
- Linearmente do comprimento de solução ($\beta = 1$)
- Obter a constante de proporcionalidade (α)

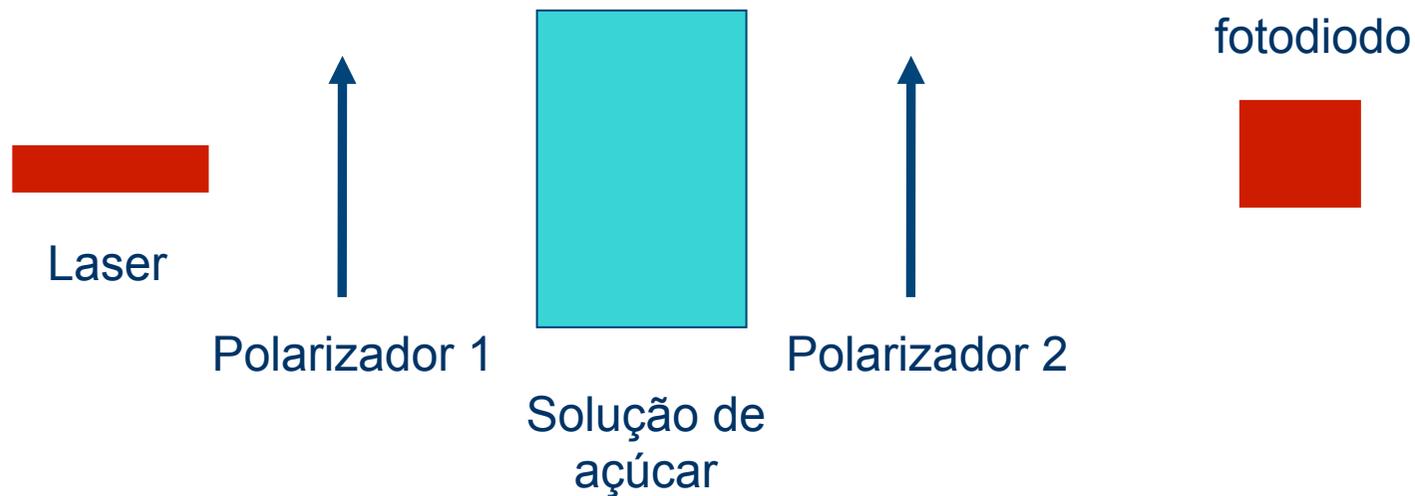
Arranjo experimental

- Montar o arranjo do laser + polarizador 1 + polarizador 2 + fotodiodo
- Girar o polarizador 2 até a intensidade no fotodiodo ser mínima (90°)



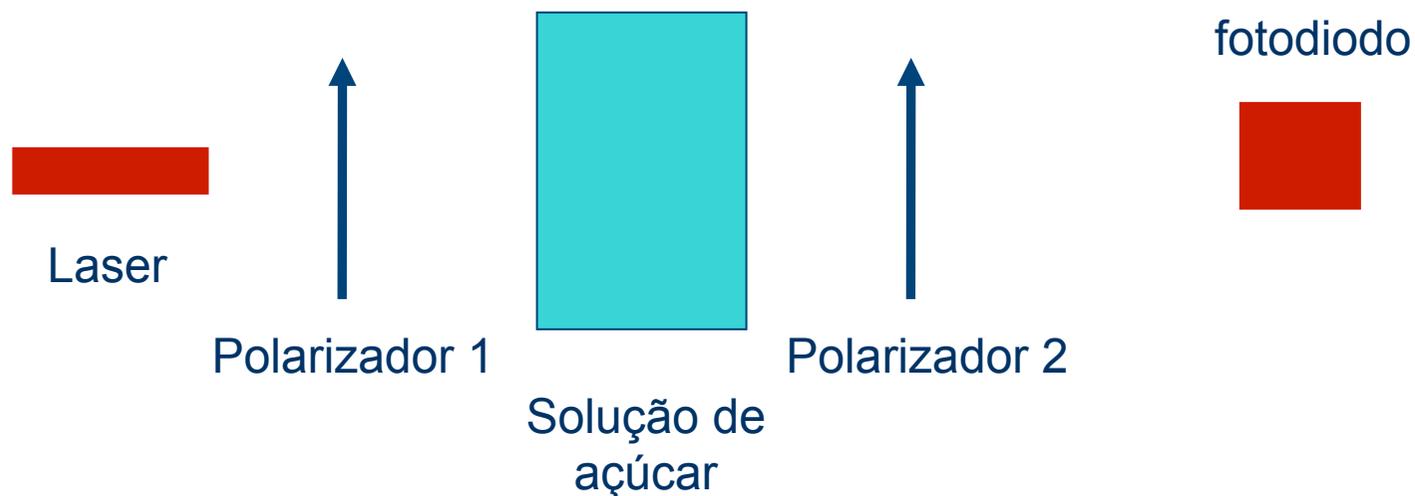
Arranjo experimental

- Colocar a solução de açúcar
- Como a solução alterou a polarização, a intensidade no fotodiodo muda



Arranjo experimental

- Girar o polarizador 2 até que a intensidade volte a ser mínima
- Medir o quanto precisou girar o polarizador 2. Este é o ângulo $\Delta\theta$.



Realize as medidas necessárias para:

- Mostrar que o ângulo $\Delta\theta$ varia linearmente com o comprimento L (obter a constante β).
- Mostrar que o ângulo $\Delta\theta$ varia linearmente com a concentração da solução de açúcar (obter a constante δ).
- Obter o valor da constante α para o açúcar.
- Vocês têm à disposição vários tubos contendo soluções com diferentes soluções de açúcar
 - Combine estes tubos em sequência para simular diferentes comprimentos, por exemplo
- Não se esqueçam de adicionar os seus dados no banco de dados do experimento.