

3.3. Física Experimental IV - 2008

Birrefringência
Atividade Ótica

Prof. Alexandre Suaide

Prof. Manfredo Tabacniks

Polarização da luz

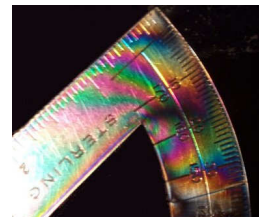
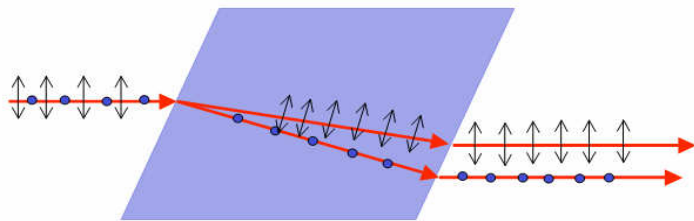
- Objetivos – Estudar o fenômeno de polarização da luz
 - Aula 1 – Métodos de polarização
 - Lei de Malus
 - Aula 2 – Estudo do fenômeno de birrefringência
 - Lei de Brewster
 - Aula 3 – Atividade óptica de elementos
 - Birrefringência
 - Atividade Ótica

birrefringência

Alguns materiais, chamados Birrefringentes, têm diferentes índices de refração (leia velocidades de propagação da luz) para diferentes direções de polarização.

Em outras palavras, esses materiais reagem à polarização como um prisma o faz em relação ao comprimento de onda.

Materiais birrefringentes podem separar um raio despolarizado em duas componentes polarizadas ao longo dos chamados eixo principal ou ordinário e eixo extraordinário do material.



birrefringência por stress

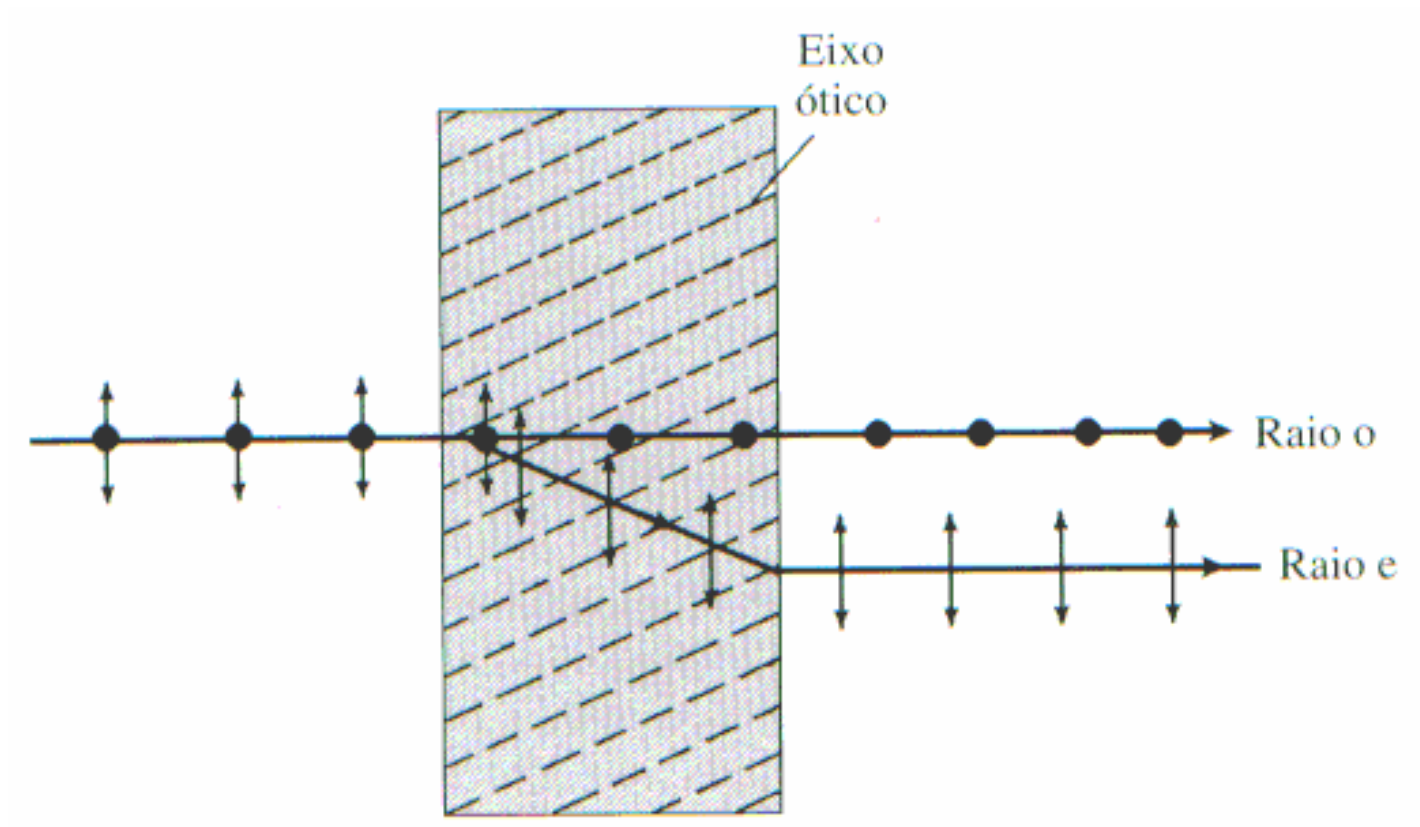


birrefringência da Calcita

Birrefringência é o resultado da anisotropia do material. É possível induzir anisotropia e consequentemente birrefringência por stress, campo elétrico, campo magnético, etc..

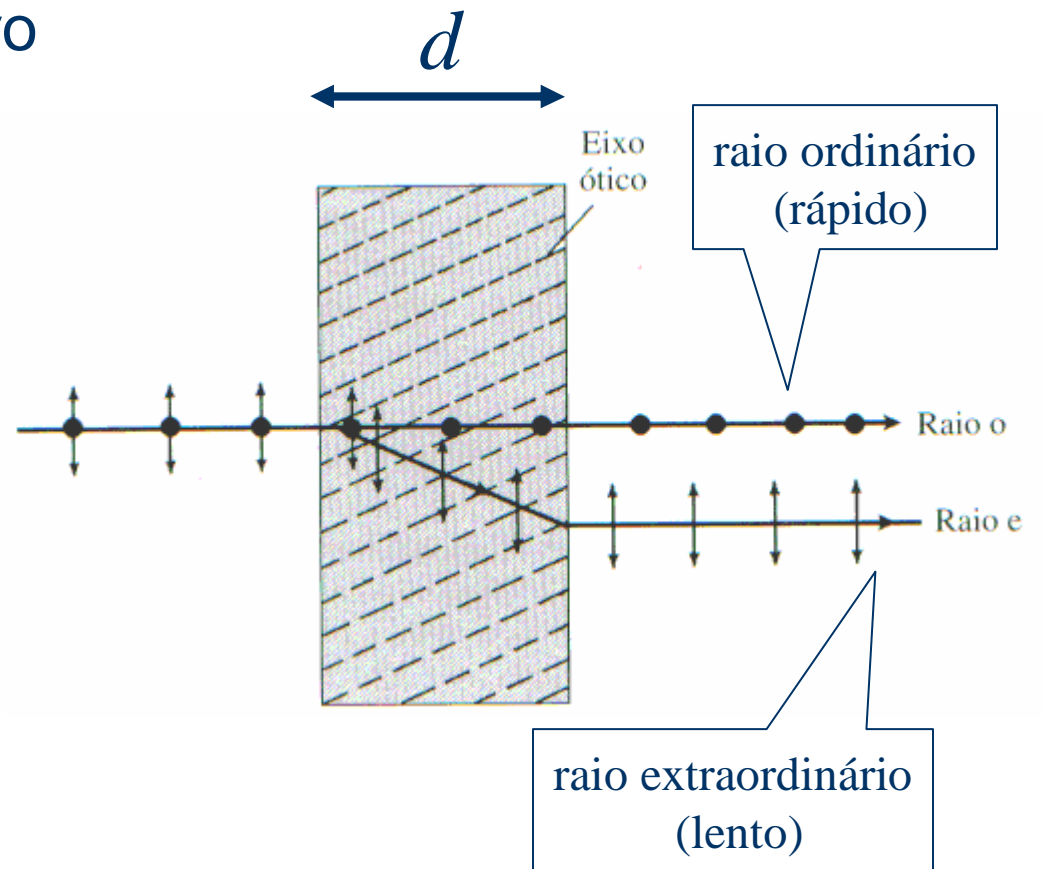
birrefringência

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>



Placas de onda

- São placas confeccionadas a partir de materiais birrefringentes cujo objetivo é alterar as fases entre as componentes o e e da luz incidente
- Seja uma placa de espessura d . Qual é a diferença de fase entre as duas componentes após sair da placa?



Placas de onda

- Índice de refração para cada componente:

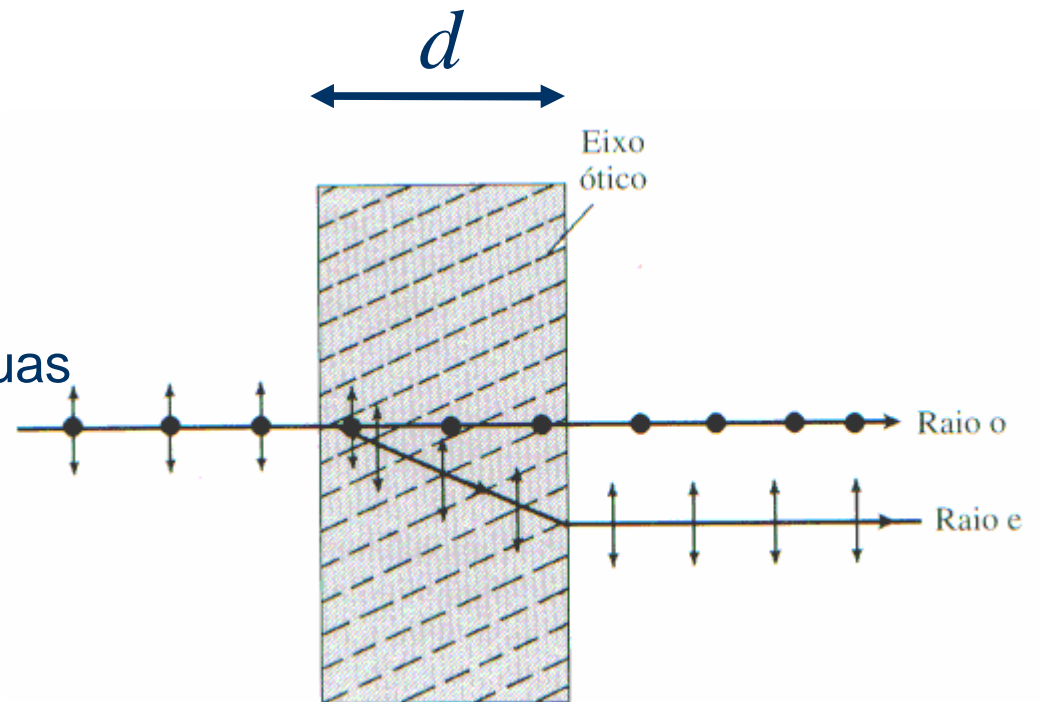
$$n_o = \frac{c}{v_o} \quad n_e = \frac{c}{v_e}$$

- Tempo que cada componente leva para atravessar a placa

$$t_o = \frac{d}{v_o} = d \frac{n_o}{c}, \quad t_e = d \frac{n_e}{c}$$

- Diferença de tempo entre as duas ondas

$$\Delta t = t_o - t_e = \frac{d}{c}(n_o - n_e)$$



Placas de onda

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

- Diferença de tempo entre as duas ondas

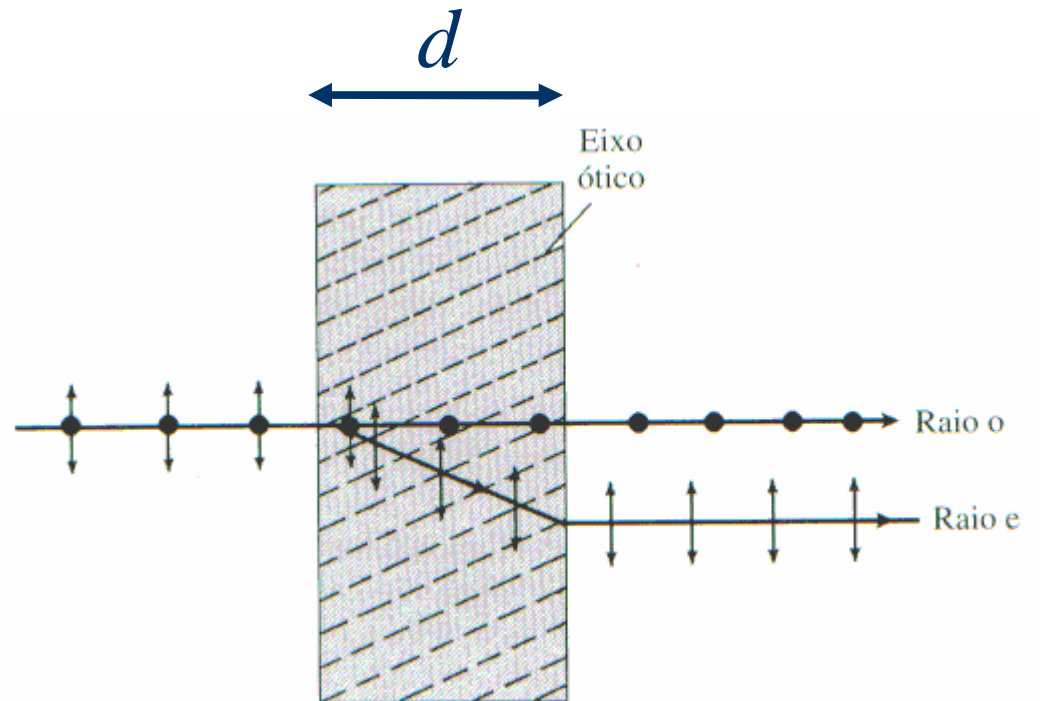
$$\Delta t = t_o - t_e = \frac{d}{c}(n_o - n_e)$$

- Diferença de fase

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta t}{T}, \quad T = \frac{\lambda}{c}$$

- Substituindo...

$$\Delta\phi = 2\pi \frac{d}{\lambda}(n_o - n_e)$$



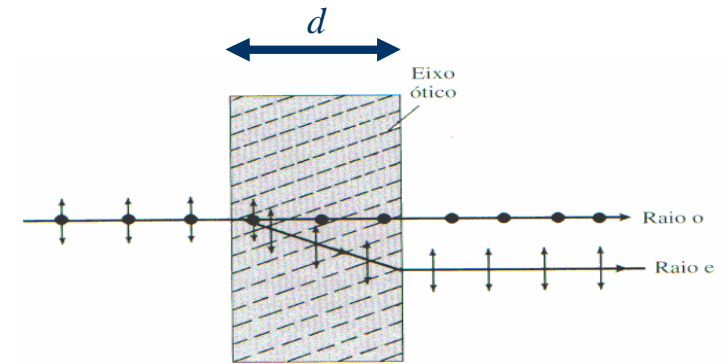
Placas de $\frac{1}{2}$ onda

- A placa de $\frac{1}{2}$ onda é aquela na qual a diferença de fase obtida entre as duas componentes é $\frac{1}{2}$ do período, ou seja, π .

$$\Delta\phi = (2m + 1)\pi$$

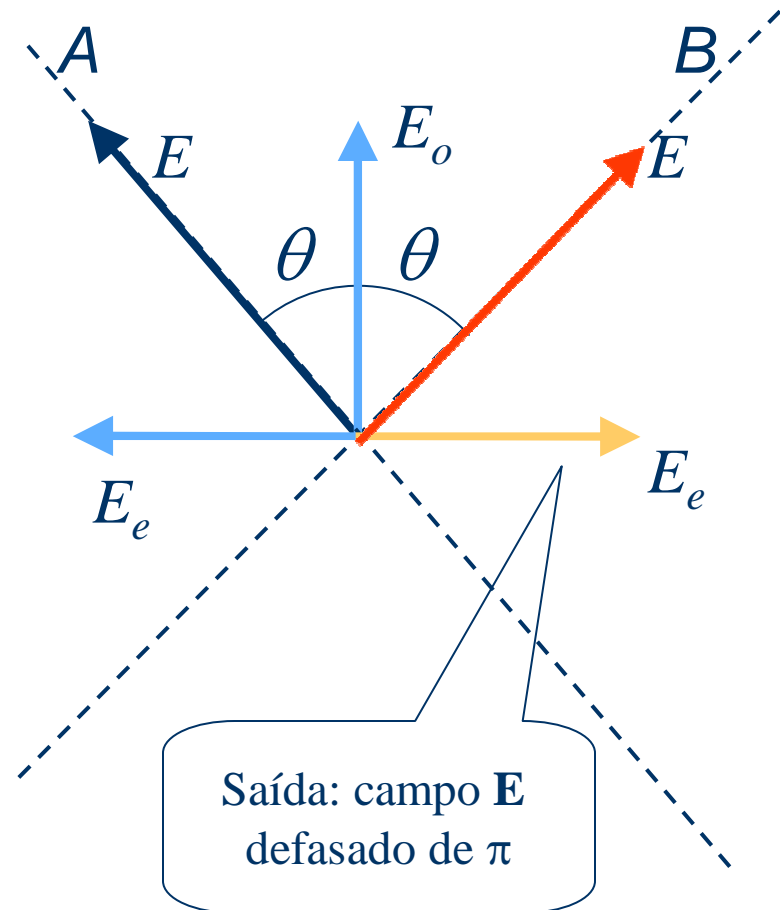
- Isto somente ocorre quando a espessura da placa está bem relacionada com o comprimento de onda, de tal forma que:

$$d(n_o - n_e) = \frac{(2m + 1)\lambda}{2}$$



Placas de $\frac{1}{2}$ onda

- Vamos ver as componentes do campo elétrico na entrada da placa
 - O campo elétrico está sempre oscilando ao longo da linha A
- E na saída a componente e está defasada de meia onda relativamente à componente o .
 - O campo elétrico vai oscilar ao longo da reta B
 - Ou seja, a placa de $\frac{1}{2}$ onda gira o campo elétrico de 2θ .



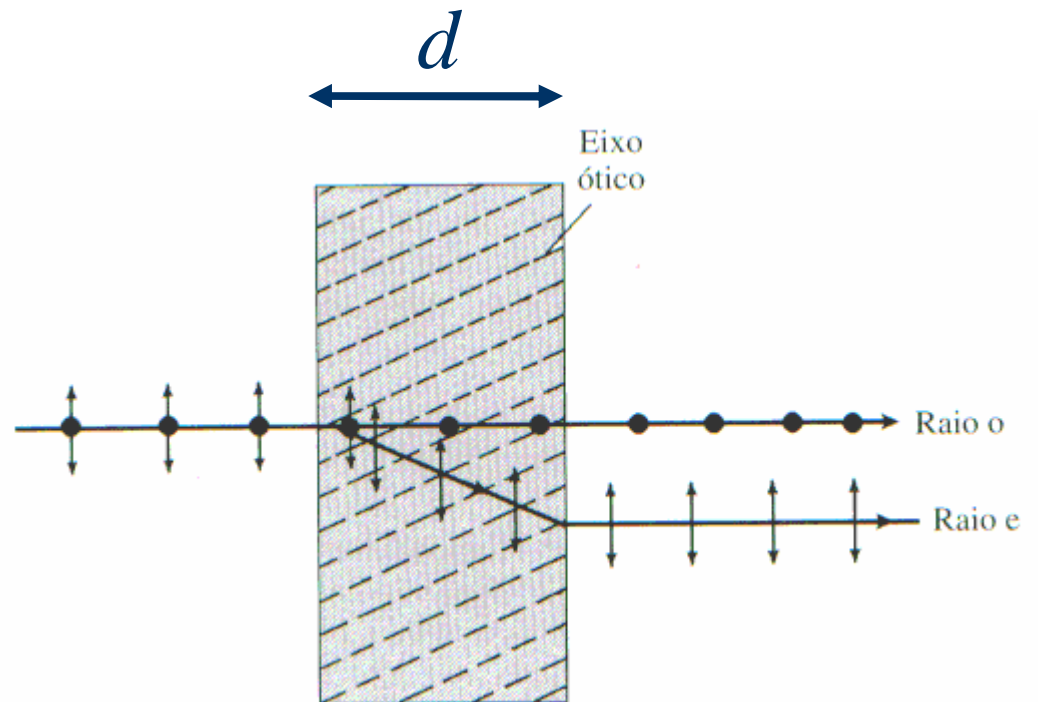
Placas de $\frac{1}{4}$ de onda

- A placa de $\frac{1}{4}$ de onda é aquela na qual a diferença de fase obtida entre as duas componentes é $\frac{1}{4}$ do período, ou seja, $\pi/2$.

$$\Delta\phi = (4m + 1)\frac{\pi}{2}$$

- Isto somente ocorre quando a espessura da placa está bem relacionada com o comprimento de onda, de tal forma que:

$$d(n_o - n_e) = \frac{(4m + 1)\lambda}{4}$$

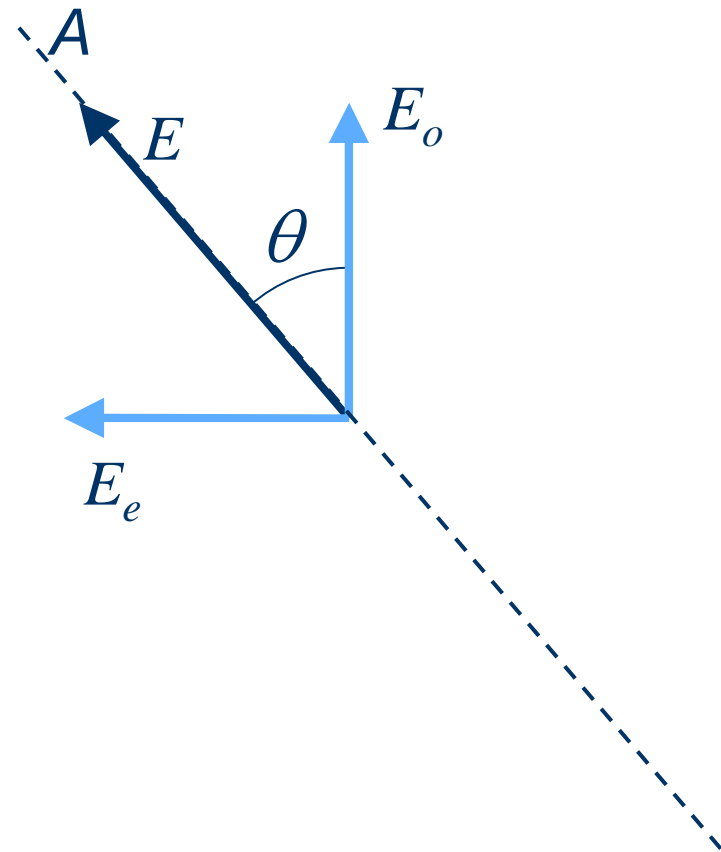


Placas de $\frac{1}{4}$ de onda

- Vamos ver as componentes do campo elétrico na entrada da placa
 - O campo elétrico está sempre oscilando ao longo da linha A
 - O campo elétrico pode, em qualquer instante de tempo, ser escrito como:

$$\vec{E}(x, t) = E^o \cos(kx - \omega t) \hat{o} + E^e \cos(kx - \omega t) \hat{e}$$

- A placa de $\frac{1}{4}$ onda introduz uma fase de $\pi/4$ na componente e .



Placas de $\frac{1}{4}$ de onda

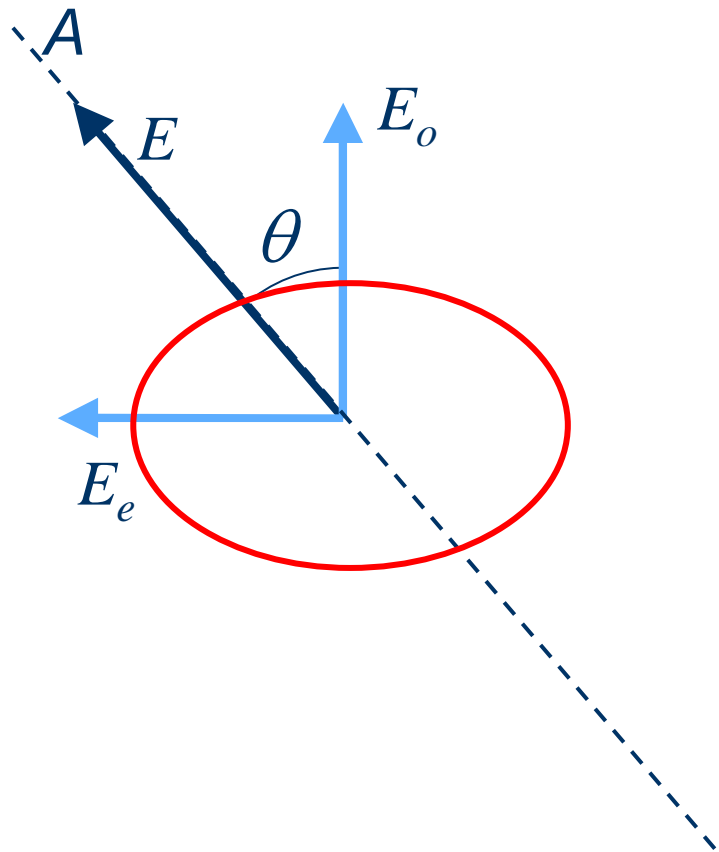
- Assim, o campo elétrico na saída da placa

$$\vec{E}(x, t) = E^o \cos(kx - \omega t) \hat{o} + E^e \cos(kx - \omega t + \frac{\pi}{2}) \hat{e}$$

- Ou seja:

$$\vec{E}(x, t) = E^o \cos(kx - \omega t) \hat{o} + E^e \text{sen}(kx - \omega t) \hat{e}$$

- A onda que era inicialmente polarizada torna-se elipticamente polarizada



Objetivos

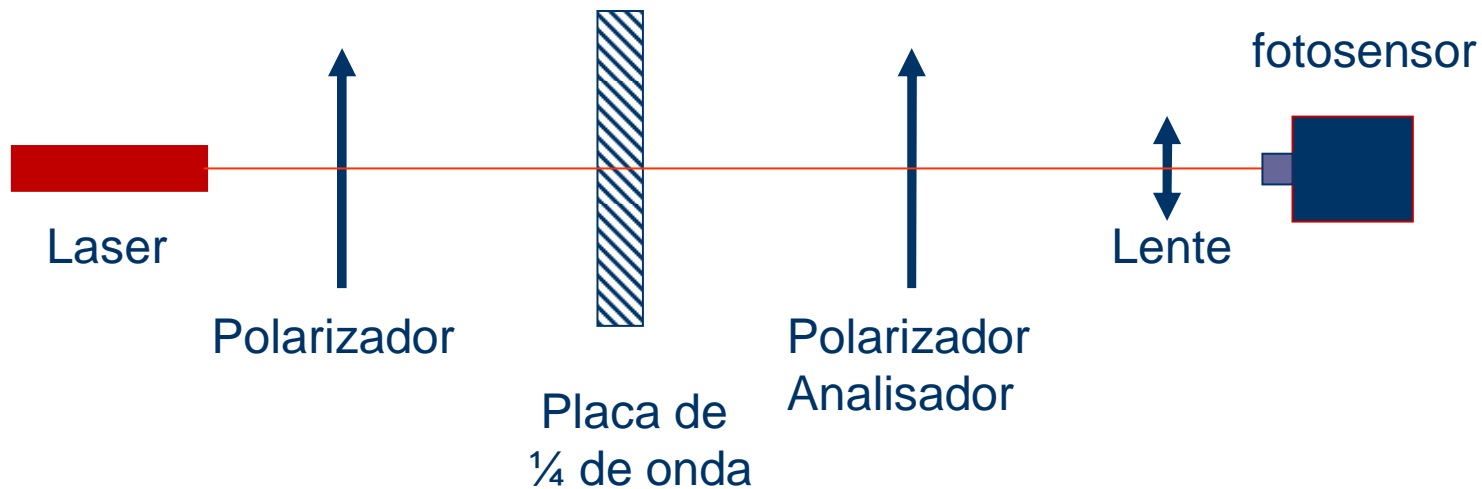
<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

- Usando uma placa de $\frac{1}{4}$ de onda, transformar uma onda linearmente polarizada em elipticamente (circularmente) polarizada
- Construir uma placa de $\frac{1}{2}$ onda e testá-la
- Estudar o ângulo de giro de uma substância óticamente ativa (açúcar de cana).

Placa de $\frac{1}{4}$ de onda

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

- Montar o arranjo do laser + polarizador + placa de $\frac{1}{4}$ de onda + polarizador + fotodiodo

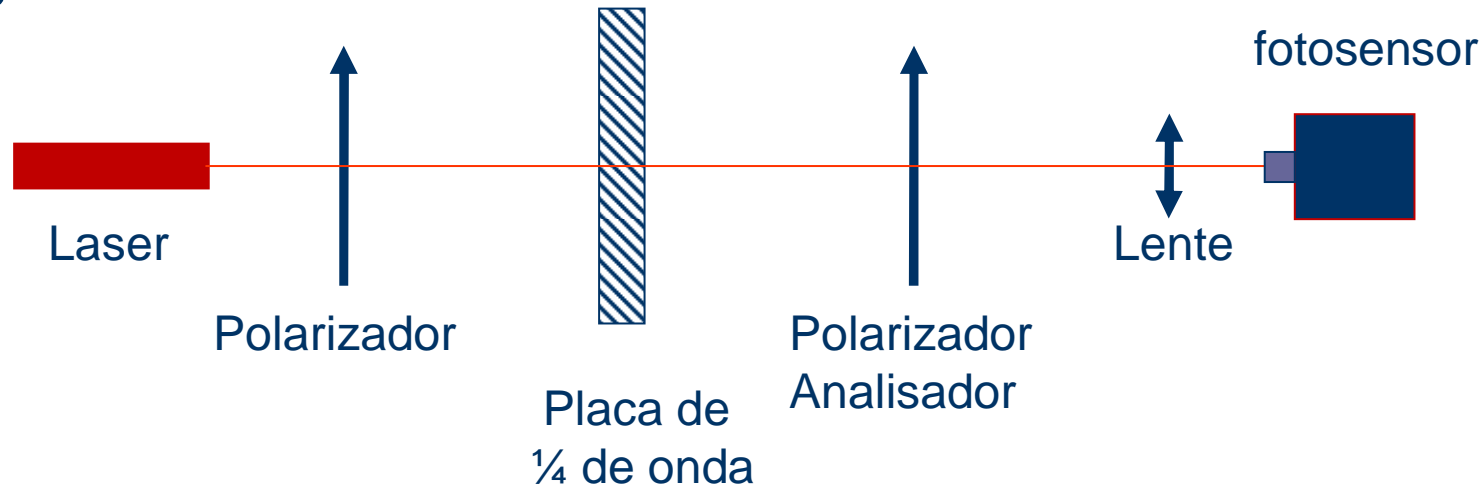


- Ajustar o polarizador 45° em relação ao eixo óptico da placa de $\frac{1}{4}$ de onda. Isso garante que as componentes e e o têm a mesma amplitude

Placa de $\frac{1}{4}$ de onda

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

- Com incidência em 45° uma placa de $\frac{1}{4}$ de onda transforma uma onda linearmente polarizada em circularmente polarizada. Assim, a intensidade de luz no sensor deverá depender do ângulo do analisador.



- Verificar o funcionamento de uma placa de $\frac{1}{4}$ de onda. Medir a intensidade da luz em função do ângulo do analisador. Trabalhar rápido para evitar a variação de polarização e intensidade inicial do laser.

Placa de $\frac{1}{2}$ onda

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

- Construir uma placa de $\frac{1}{2}$ onda e testá-la:
 - Usar camadas de fita adesiva transparente numa placa de vidro. A fita adesiva é o elemento birrefringente.
 - Com o polarizador montado num ângulo qualquer $\theta \sim 45^\circ$
 - Inserir a placa de vidro com a fita adesiva na direção vertical.
 - Uma placa de $\frac{1}{2}$ onda deverá apresentar um mínimo de polarização com os polarizadores alinhados, ou um máximo com os polarizadores cruzados.
 - Determinar a espessura (número de camadas de fita) necessária para obter $\Delta\theta = \pi/2$.

Substâncias óticamente ativas. Quiralidade

Substâncias que rodam o sentido de **E**

- Dextrógira (gira **E** no sentido anti-horário)
- Levogiras (gira **E** no sentido horário)

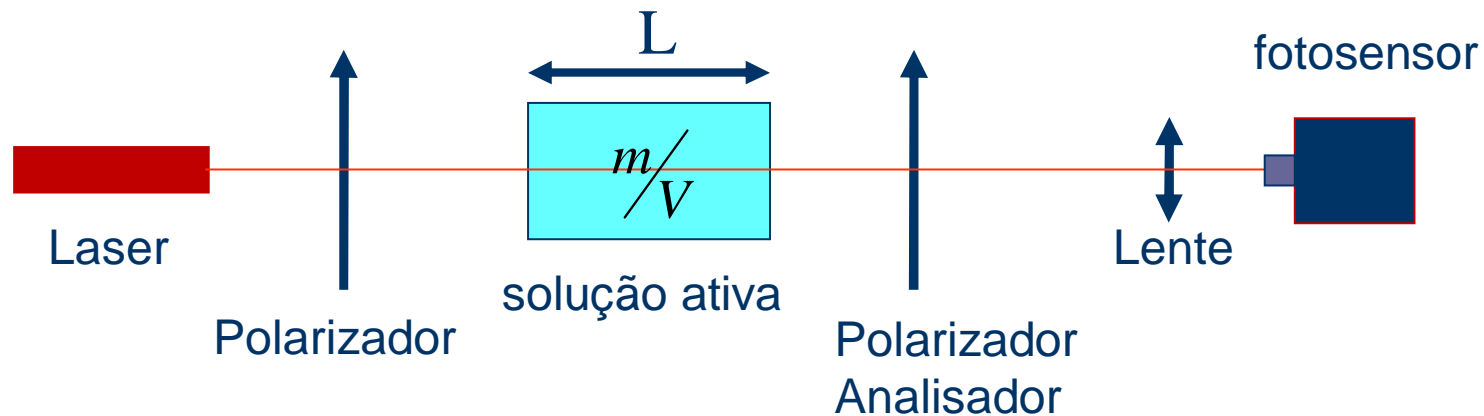
$$\theta = \alpha \left(\frac{m}{V} \right) L$$

θ : rotação (em graus) do plano de vibração da luz

α : característica da solução

m/V : concentração da solução [g/l]

L : comprimento da coluna



- Determinar α para a solução de açúcar de cana.