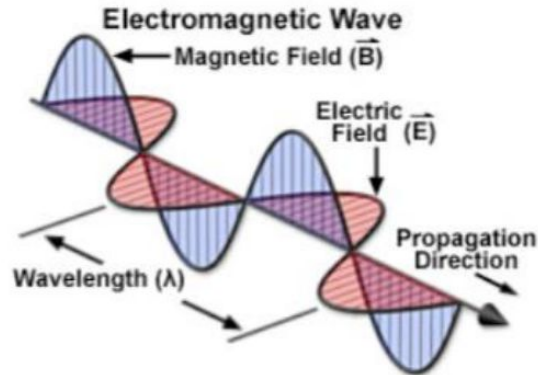


Propriedades das Ondas Eletromagnéticas

- Os campos \mathbf{E} e \mathbf{B} são perpendiculares à direção de propagação da onda (onda transversal);
- O campo elétrico é perpendicular ao campo magnético;
- O produto vetorial $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ aponta no sentido de propagação da onda;
- Os campos variam senoidalmente, com a mesma frequência e estão em fase.



Luz é uma onda transversal com os campos elétrico e magnético oscilando em direções perpendiculares entre si.

Geralmente a luz natural (do sol, fontes incandescentes, radiação de corpo negro, etc) não está polarizada.



Como produzir luz polarizada a partir de luz não polarizada ?

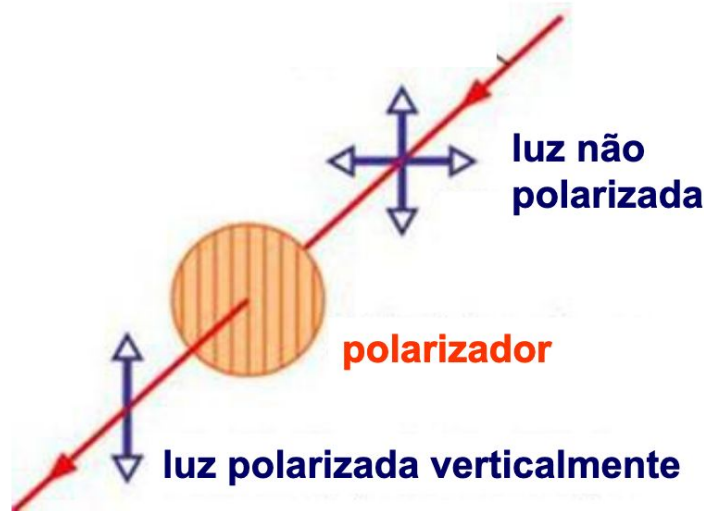
- Polarização por absorção seletiva
- Polarização por reflexão
- Polarização por birrefringência (refração dupla)
- Polarização por espalhamento

Polarização por absorção seletiva - dicroísmo

<https://pt.wikipedia.org/wiki/Dicroísmo>

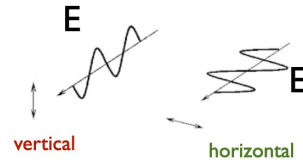
Polarizadores

materiais dicroicos que absorvem a luz com uma determinada direção de polarização e transmitem luz com direção de polarização transversa.



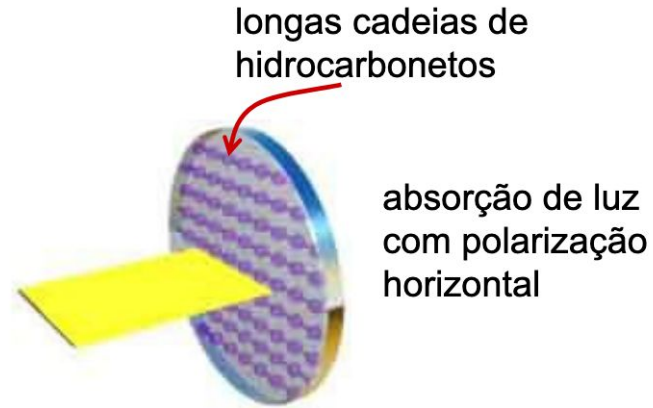
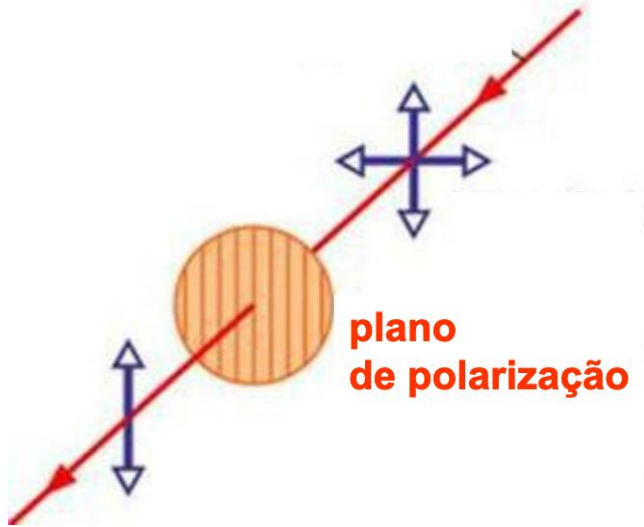
Polarização : a direção de oscilação do campo elétrico da O.E.

- se for fixo: polarização linear.

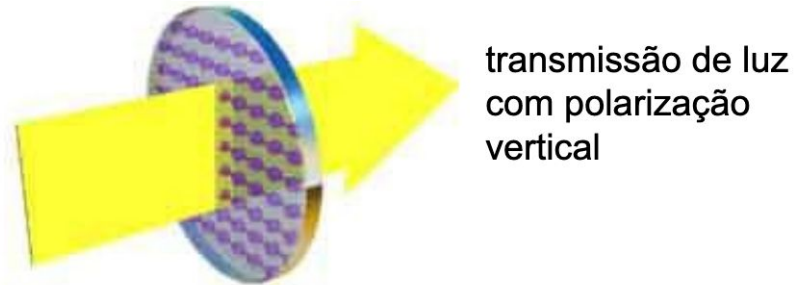


Polaróide (polarizador comercial típico):
transmite 80% de luz polarizada ao longo do seu plano de polarização e apenas 1% de luz com polarização transversal.

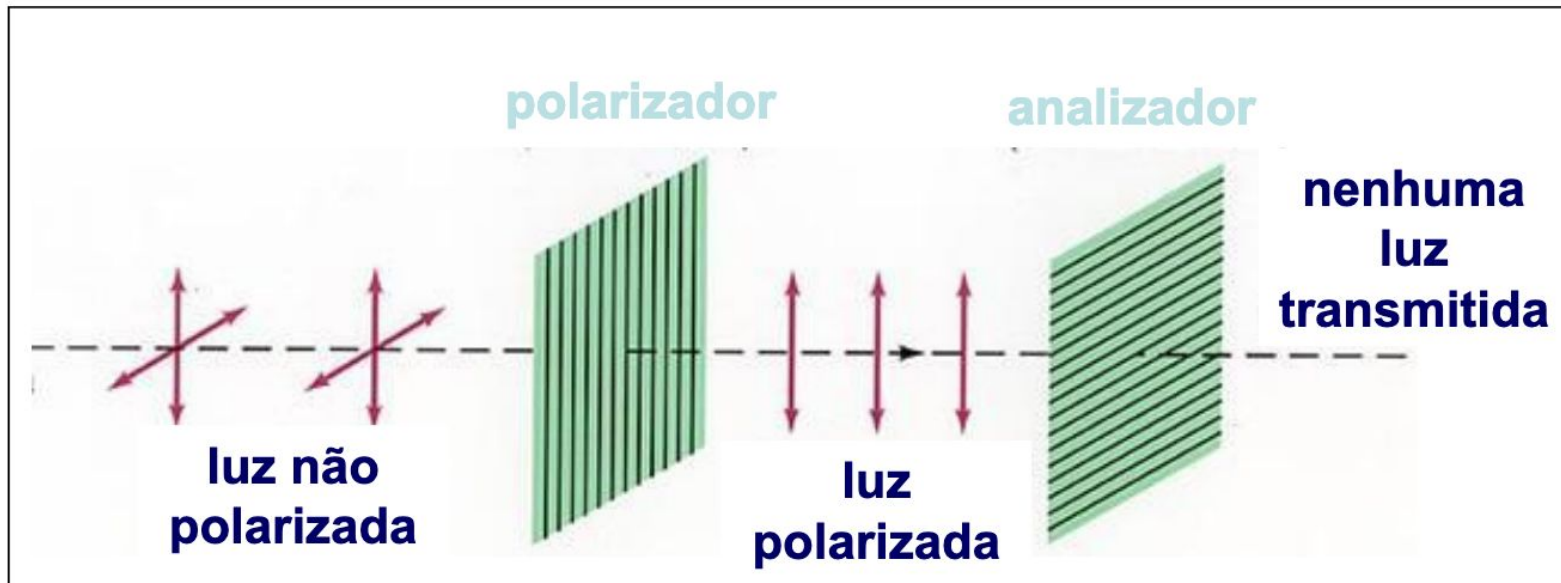
Polarizadores – como funcionam ?



A componente **perpendicular** ao **eixo de polarização** é **absorvida** pelo material e a componente **paralela** é **transmitida**.



Polarizadores

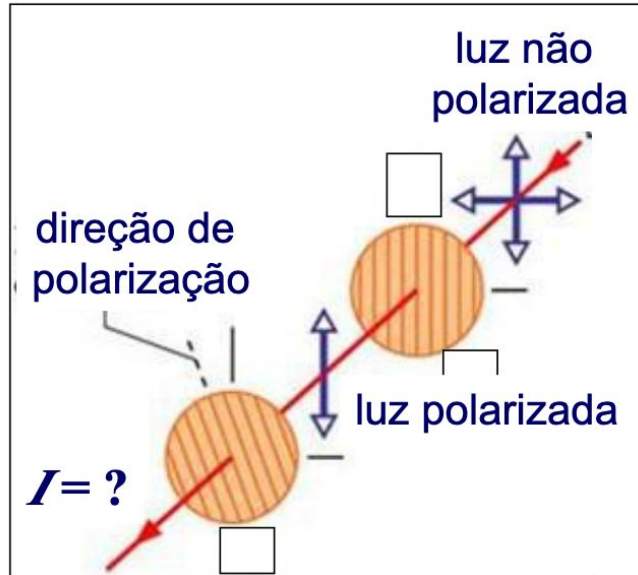


Nenhuma luz é transmitida através de dois polarizadores cujos planos de polarização são ortogonais !

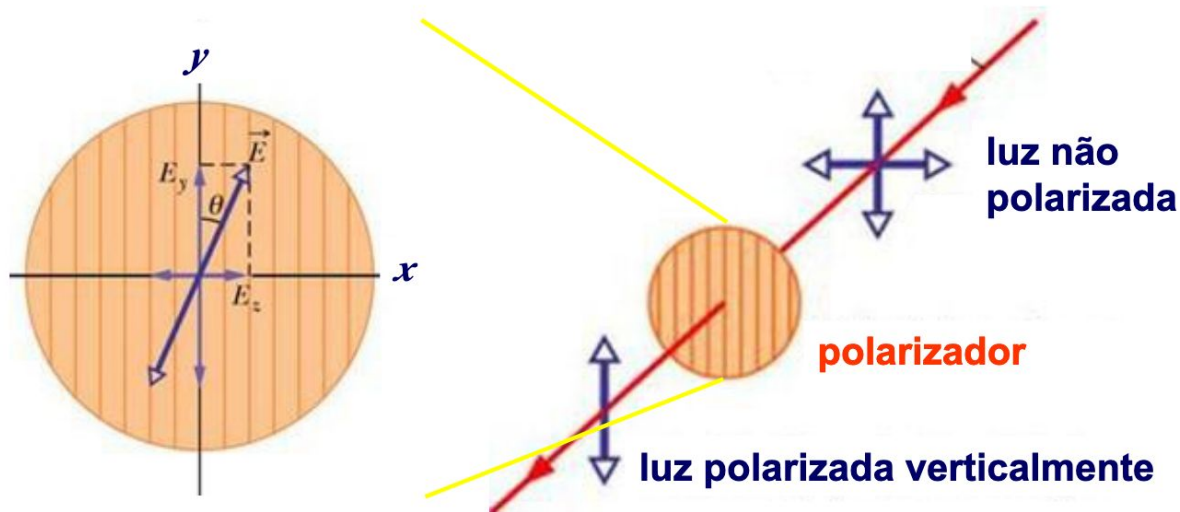
Intensidade da luz após atravessar um polarizador

Qual a intensidade da luz transmitida por um polarizador ?

E por dois polarizadores, com eixos de polarização girados de um ângulo θ em relação ao outro ?



Intensidade da luz após atravessar UM polarizador



componente de \mathbf{E} transmitida:

$$E_y = E_m \cos \theta$$

(Ver slides aula 2)

Intensidade da luz transmitida:

$$I \propto E_y^2 = E_m^2 \cos^2 \theta$$

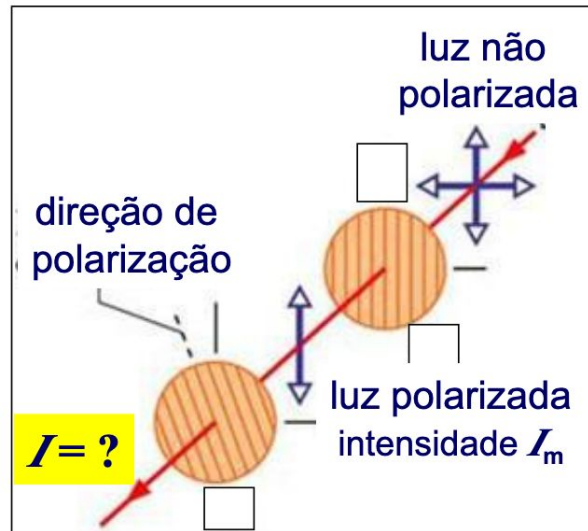
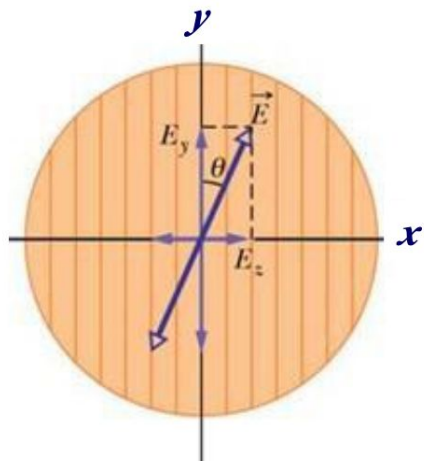
Intensidade média de
luz polarizada que é transmitida:
(soma para todos os ângulos possíveis)

$$I \propto \int_0^{2\pi} E_m^2 \cos^2 \theta d\theta$$

$$I = \frac{I_m}{2}$$

Lei de Malus

Qual a intensidade da luz **polarizada** que é transmitida por um polarizador, cujo eixo de polarização está girado de um ângulo θ em relação ao da luz incidente ?



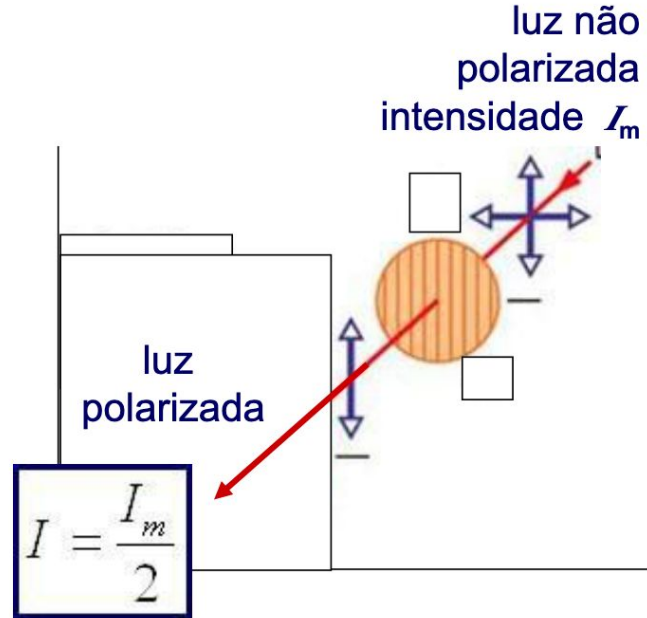
$$E_y = E_m \cos \theta$$

$$I \propto E_y^2 = E_m^2 \cos^2 \theta$$

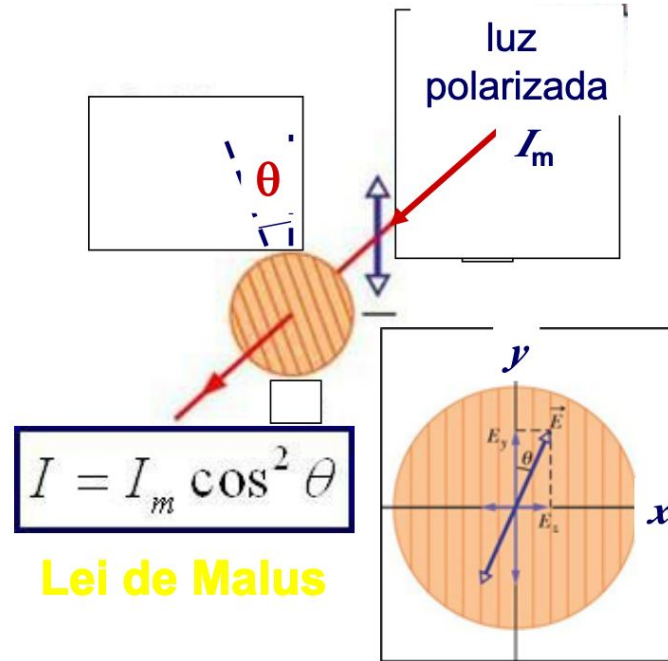
$$I = I_m \cos^2 \theta$$

Lei de Malus

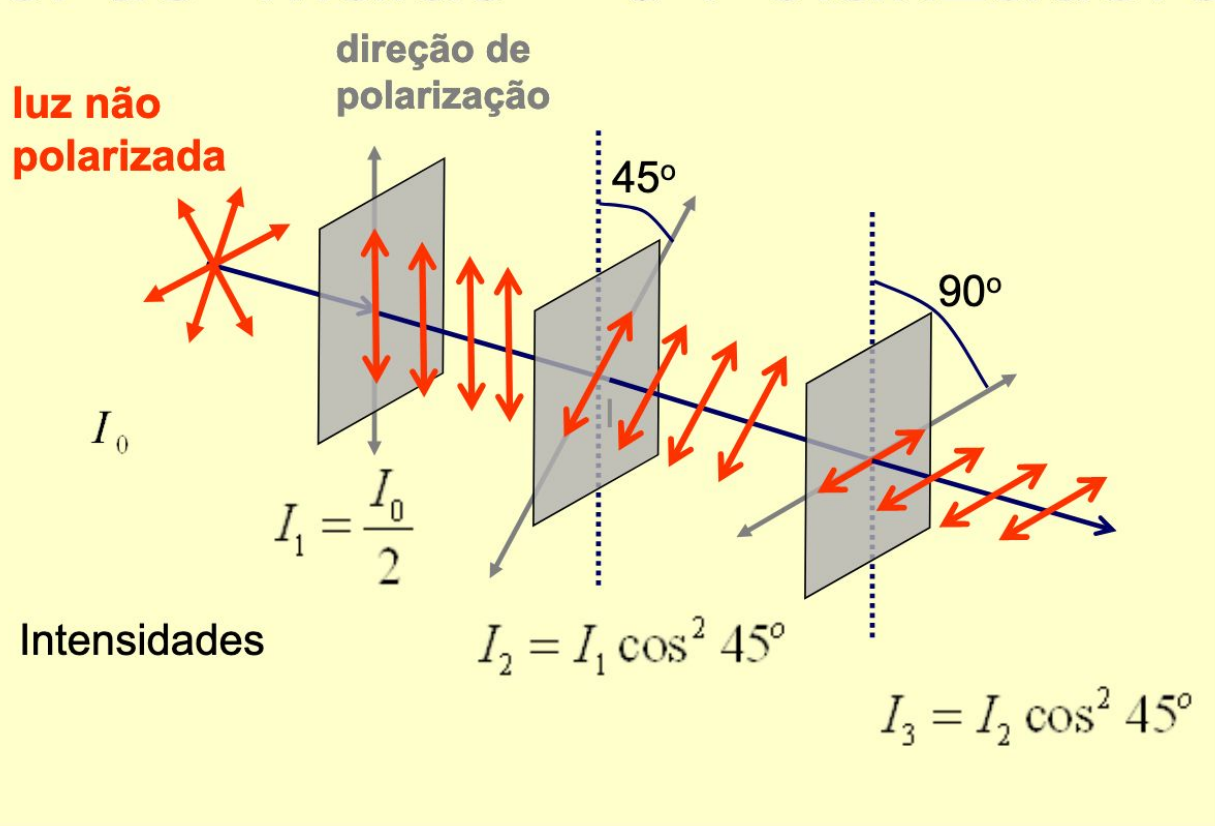
Luz não-polarizada atravessa um polarizador:



Luz polarizada atravessa um polarizador:



Lei de Malus – 3 Polarizadores



Objetivos da Experiência

Estudar o fenômeno da polarização de luz, e verificar a *lei de Malus*;

Material Utilizado

- fonte incandescente de luz
- fonte LASER
- fotômetro e ponta de prova
- 3 polarizadores
- banco óptico
- anteparo
- suporte da ponta de prova
- 3 suportes

CUIDADO!

**Não exponha os olhos ao feixe de LASER.
Mantenha o nível dos olhos sempre acima
do plano horizontal do feixe.**

Verificação Qualitativa da Lei de Malus

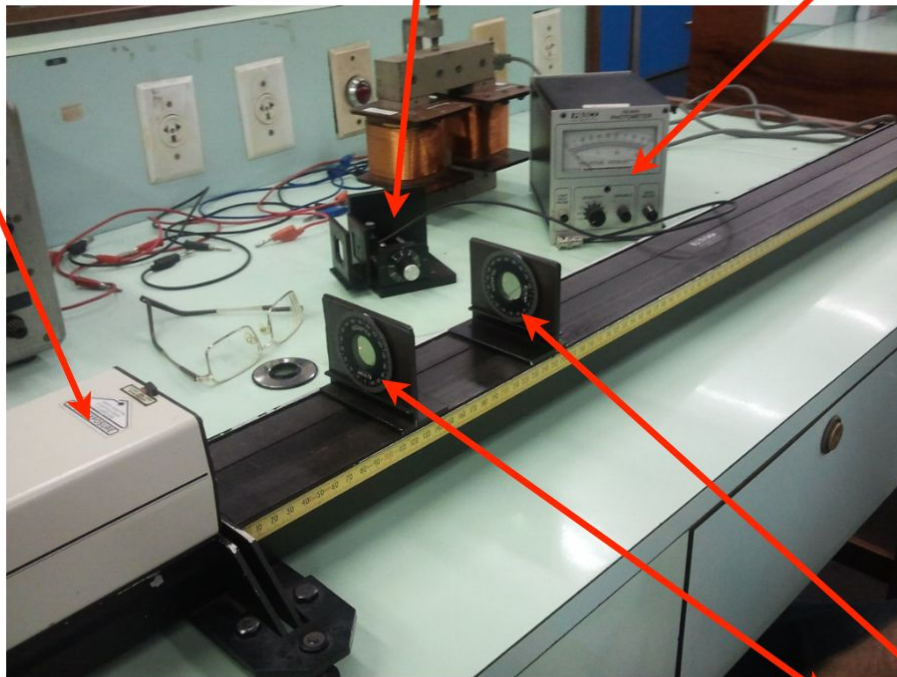
- Use a fonte **laser** e, no lugar da fotocélula, use um anteparo;
- Coloque inicialmente o polarizador e o analisador com seus eixos de polarização em paralelo;
- Ligue a fonte de luz, gire gradativamente o analisador e observe a variação da intensidade da luz no anteparo;
- A seguir, coloque o polarizador e analisador em condição de ortogonalidade, isto é, com seus eixos de polarização defasados de 90 graus. Observe que não há transmissão de luz ao anteparo. Coloque então um polarizador adicional imediatamente após o primeiro, fazendo com este um ângulo de 45 graus. Observe se há luz transmitida ao anteparo.
- A seguir, gire gradativamente de 360 graus o segundo polarizador, observando a luz incidente no anteparo. Interprete os fenômenos observados. Justifique o que foi observado.

LASER

Suporte + Fibra

Fotómetro

Setup Experimental



Polarizadores

Verificação Quantitativa da Lei de Malus

Calibração de Ponto Zero do Fotômetro:

1. Regule o seletor de sensibilidade do fotômetro (botão “sensitivity”) para a **maior escala** (escala 1000, menor sensibilidade);
2. Retire a fibra ótica do fotômetro e **cubra a entrada de luz com um objeto preto**;
3. Com a luz da sala apagada, regule o seletor de sensibilidade do fotômetro para a **menor escala** (escala 0.1, de maior sensibilidade);
4. Ajuste o botão de ajuste do zero (“ZERO ADJUST”) de forma que o ponteiro do fotômetro se posicione **em cima do zero** da escala.;
5. Depois de realizado o ajuste, **gire o seletor de sensibilidade até a escala 1000 e então retire o objeto preto do fotômetro.**

Verificação Quantitativa da Lei de Malus

Determinação da intensidade máxima:

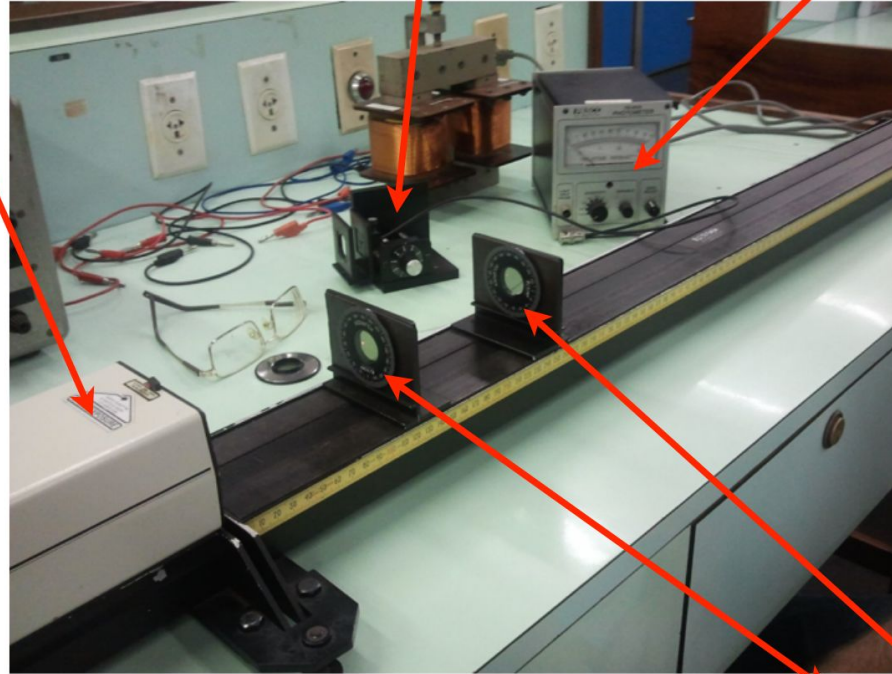
- Com o detector posicionado na **distância mínima**, (ou seja, **máxima intensidade**), regule o seletor de sensibilidade para o **maior valor possível, tal que o ponteiro permaneça no máximo da escala** (10), utilizando para isso o botão de ajuste de sensibilidade
- Substitua a fonte laser pela fonte de **luz incandescente** e o anteparo pelo **fotômetro**. Retire o segundo polarizador introduzido anteriormente;
- Verifique os ajustes do fotômetro. Defina uma intensidade de referência (por exemplo, aquela em que os **eixos de polarização** do polarizador e analisador estão em **paralelo**); Porque a intensidade de referência deve ser determinada desta maneira?
- Gire o analisador, a partir de uma posição de referência (0 graus), até 90 graus fazendo leituras periódicas no fotômetro, de 10 graus em 10 graus;

LASER

Suporte + Fibra

Fotómetro

Setup Experimental

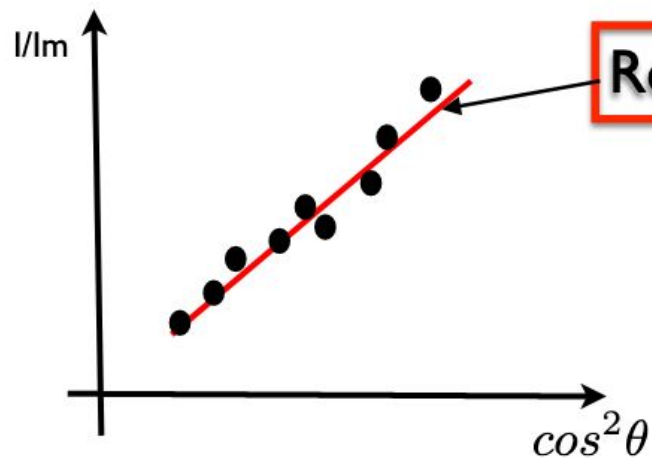


Polarizadores

- Verifique a lei de Malus comparando a curva obtida no item anterior com o resultado teórico, para isso, utilize os valores dos coeficientes angular e linear, bem como os respectivos erros fornecidos pelo método dos mínimos quadrados.

- Construa o gráfico:

$$\frac{I}{I_m} = \cos^2 \theta$$



Reta obtida pelo ajuste do MMQ

Questões

1. O que acontece quando um feixe de luz não-polarizada passa através de uma placa polarizadora?
2. Poderíamos ter luz polarizada se esta fosse uma onda longitudinal?
3. O que podemos fazer para verificar se um feixe de luz é polarizado?
4. Qual a função do polarizador colocado antes do anteparo?
5. Por que a intensidade de referência deve ser definida com os dois polarizadores em paralelo? Por que não definí-la sem os polarizadores?
6. Justifique o que foi observado na 1ª parte da experiência, após a introdução do terceiro polarizador a 45° em relação aos outros dois.
7. Quais as vantagens e desvantagens de utilizar a fonte laser ou a fonte de luz incandescente, em cada parte desta experiência?

Próxima Aula: 28 de Março
Prática 3: Reflexão