

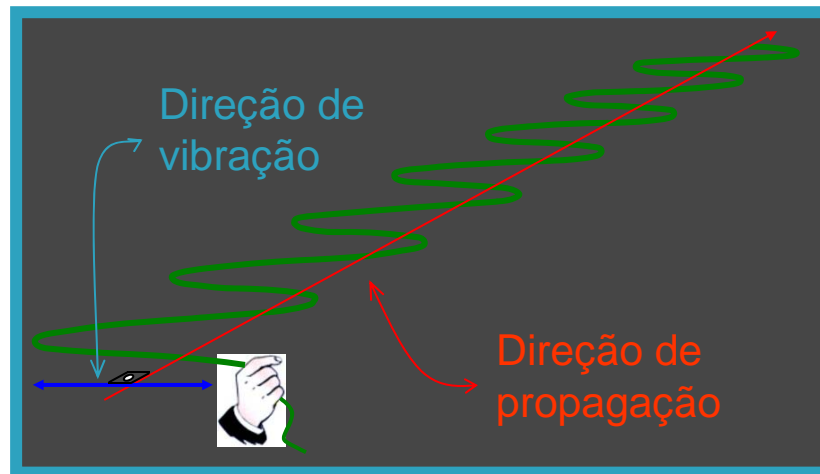
Física IV

Polarização

Prof. Dr. Lucas Barboza Sarno da Silva

O que é uma onda polarizada?

- **Onda Polarizada:** Onda que possui apenas *uma* direção de vibração para uma direção de propagação.



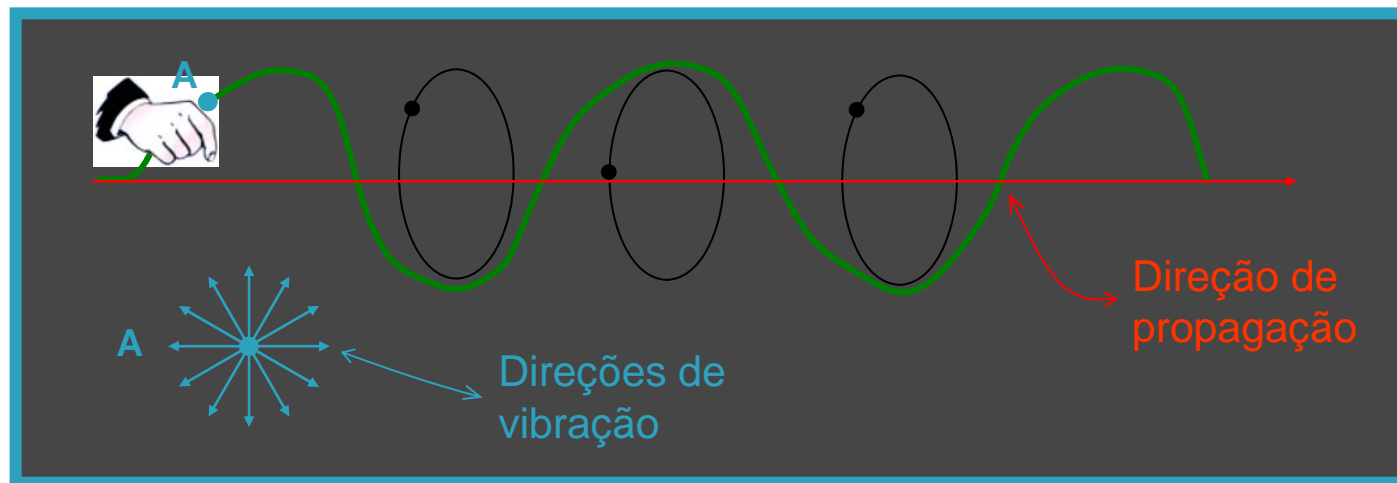
Onda polarizada horizontalmente. Vibração horizontal e direção de propagação perpendicular a vibração.



Onda polarizada verticalmente. Vibração vertical e direção de propagação perpendicular a vibração.

O que é uma onda não polarizada?

- **Onda não polarizada:** Onda que possui *mais de uma direção de vibração* para uma direção de propagação.

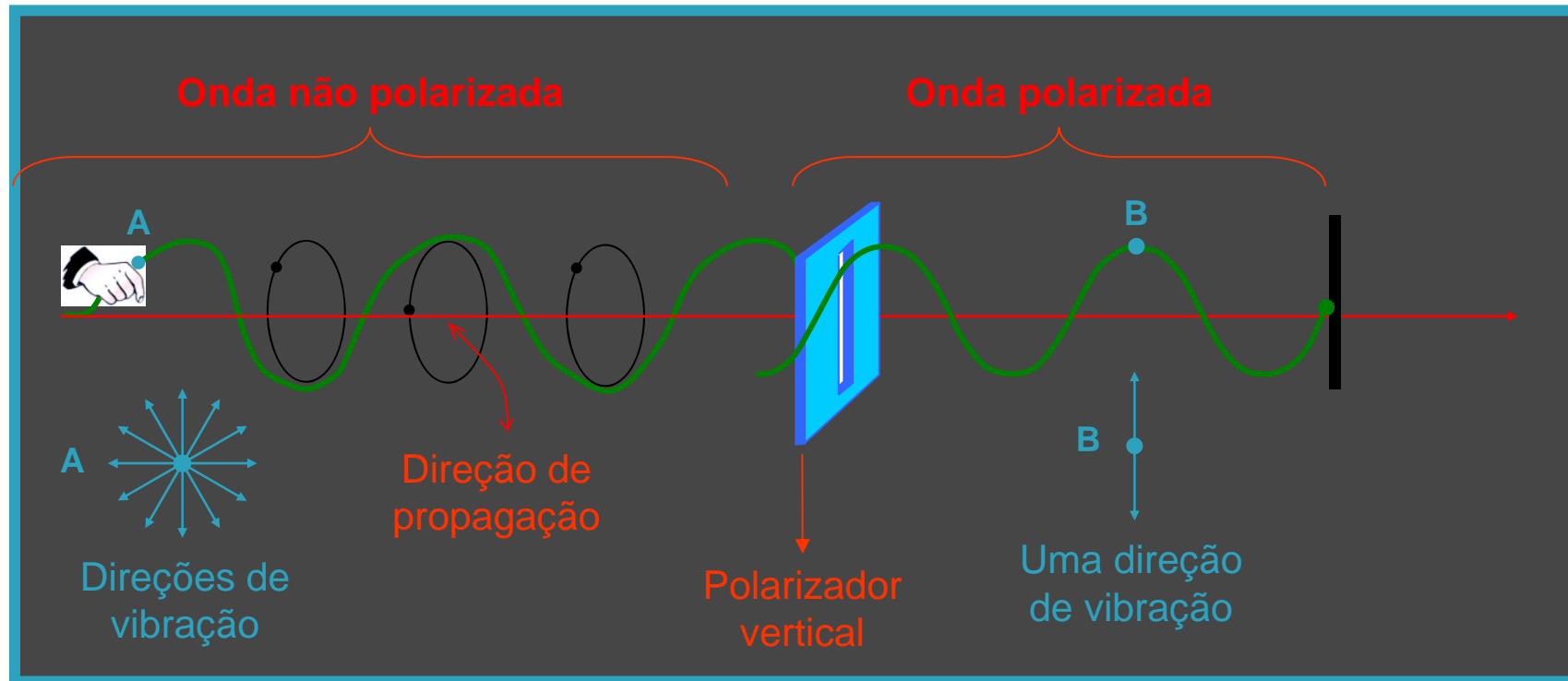


A onda possui várias direções de vibração para apenas uma direção de propagação. Observe que todas as direções de vibração são perpendiculares a direção de propagação.

O que é polarizar uma onda?

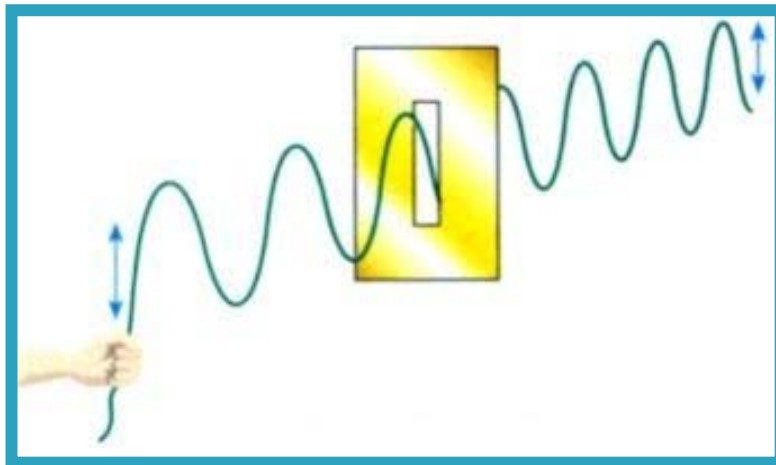
- Polarizar uma onda é fazer com que uma onda não polarizada (várias direções de vibração) se transforme em uma onda polarizada (uma direção de vibração).

Polarização de ondas em cordas

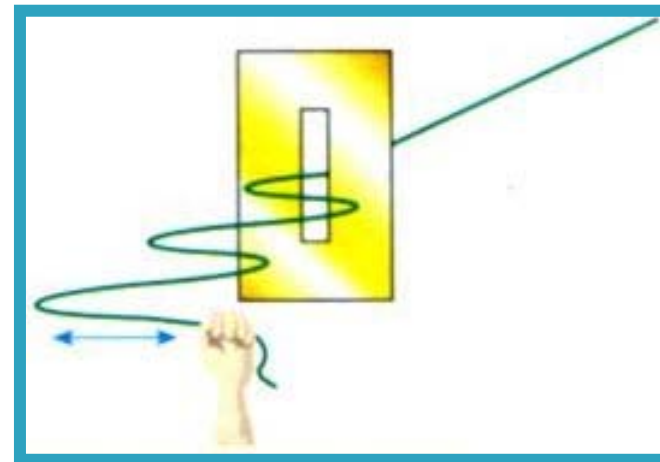


Polarização de ondas em cordas

- Onda polarizada verticalmente com polarizador vertical.



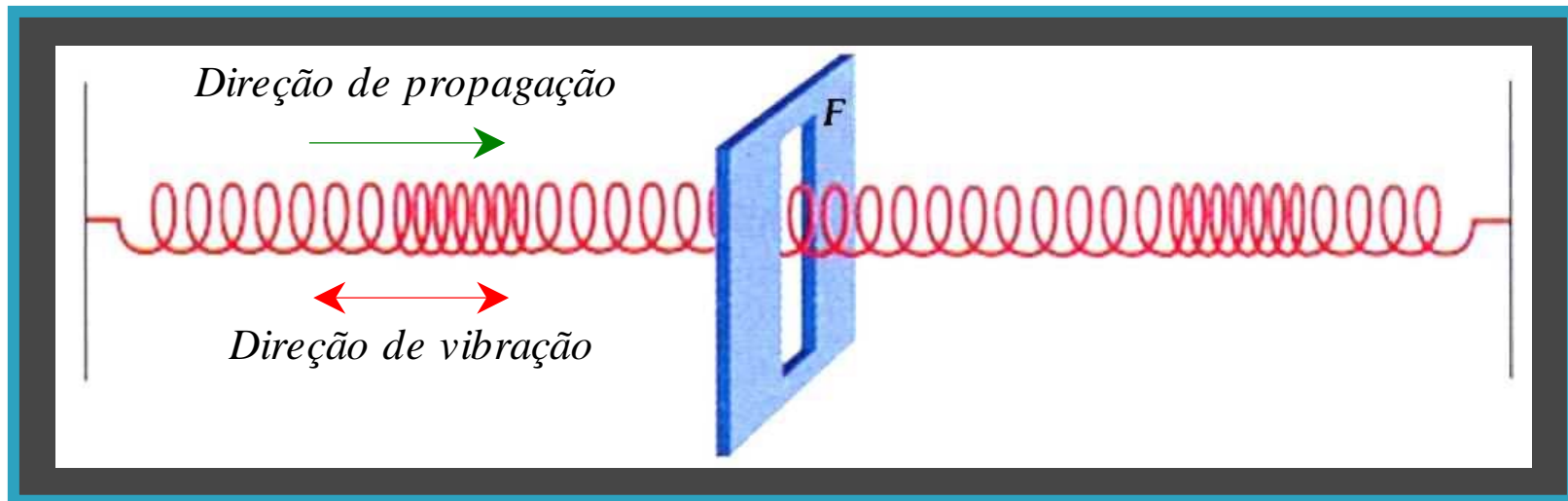
- Onda polarizada horizontalmente com polarizador vertical.



Não existe onda após o polarizador.

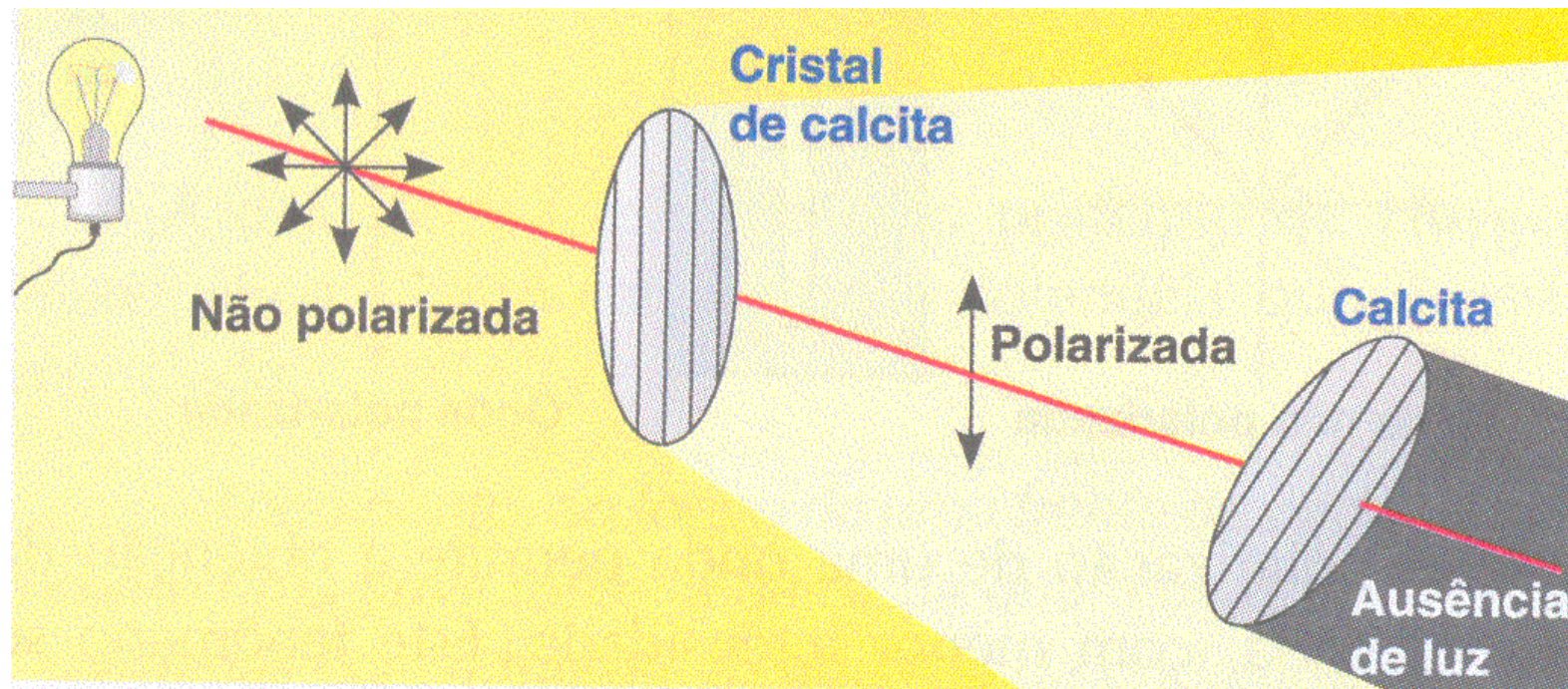
Ondas Longitudinais

- As ondas longitudinais não são polarizáveis pois apresentam apenas uma direção de vibração que tem que ser igual a direção de propagação.
- A polarização é o único fenômeno ondulatório que só ocorre para as ondas transversais.

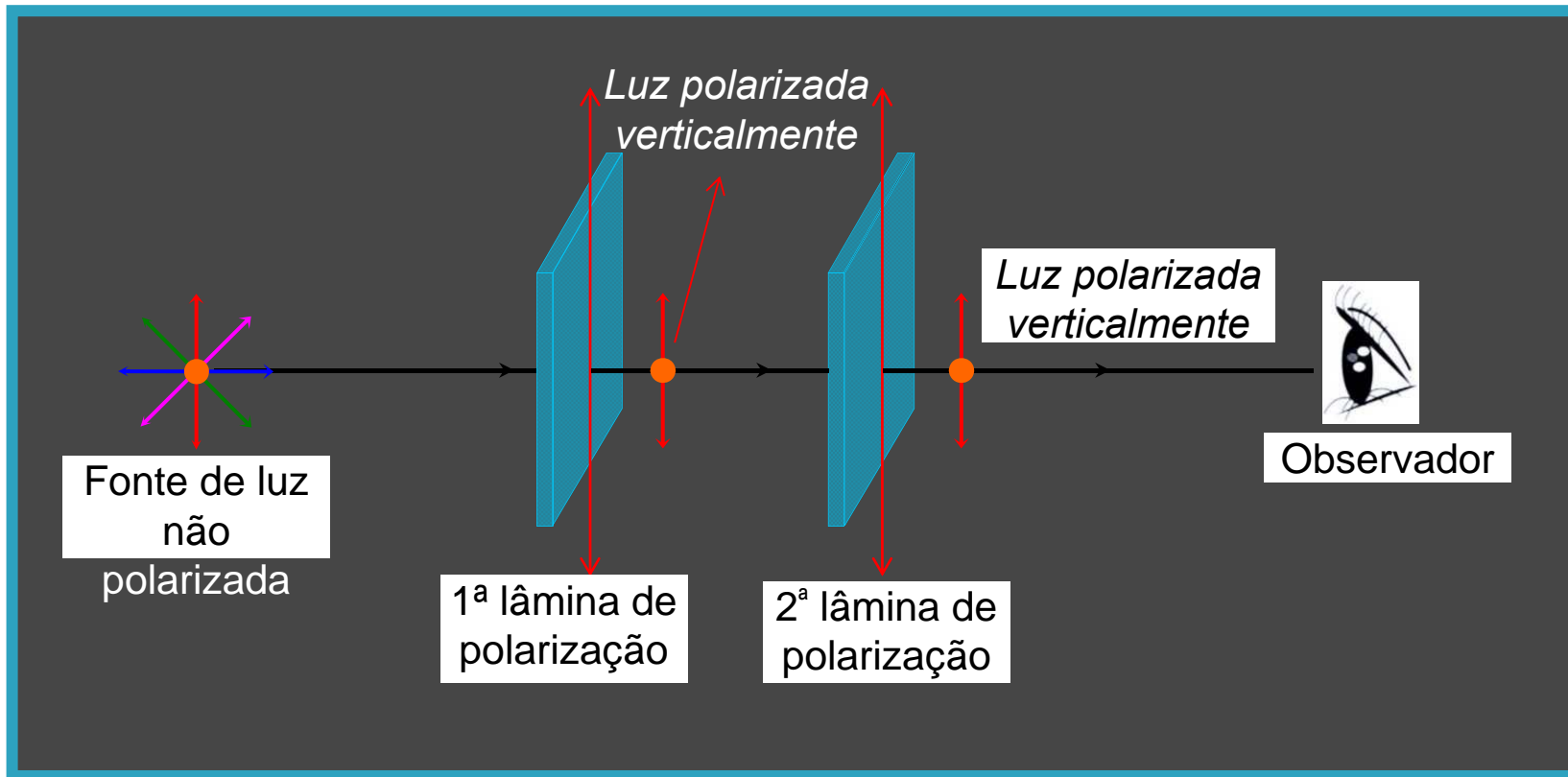


Polarização das ondas luminosas

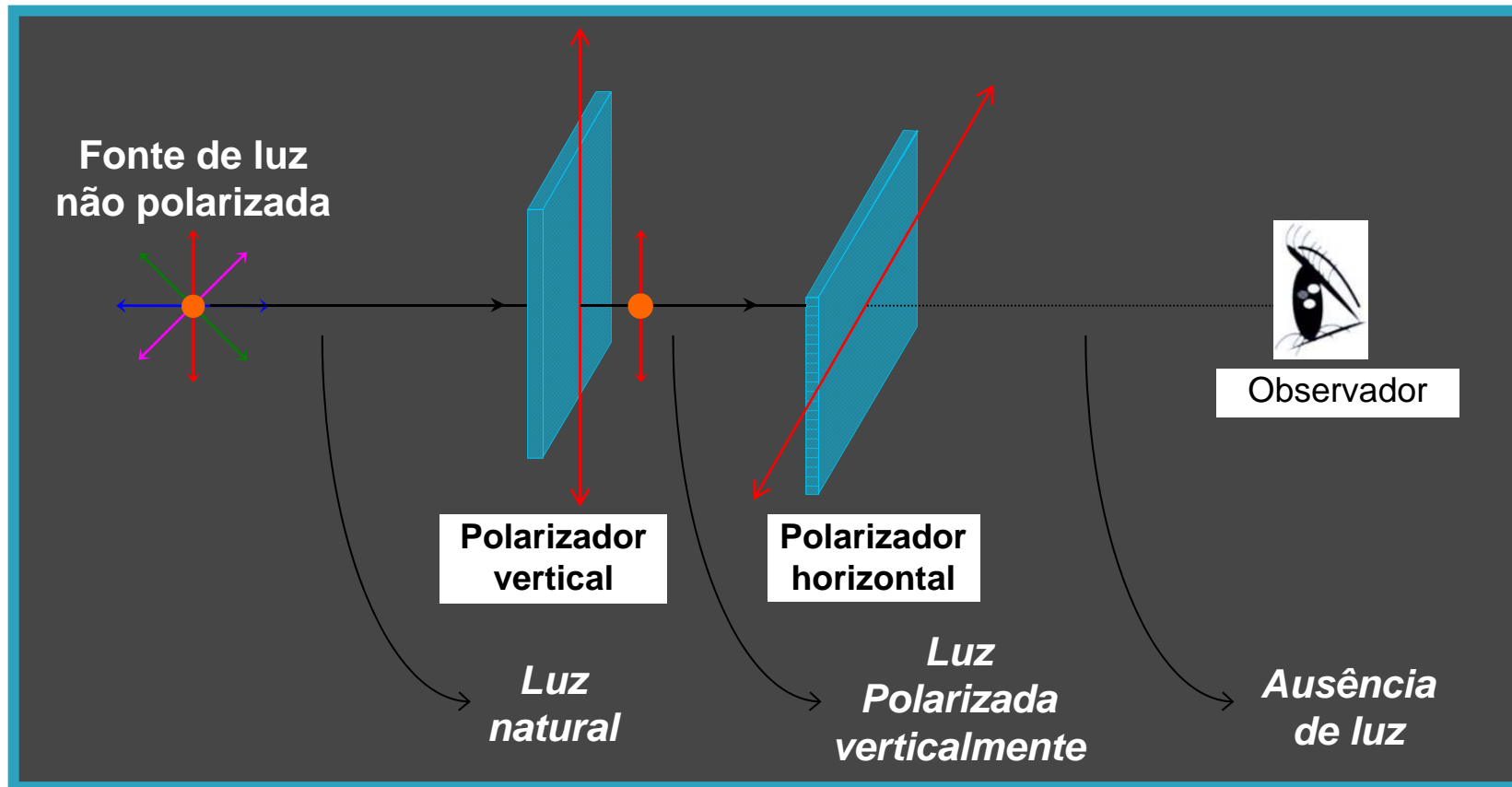
- A luz natural é formada por ondas não polarizadas.



Polarização da Luz

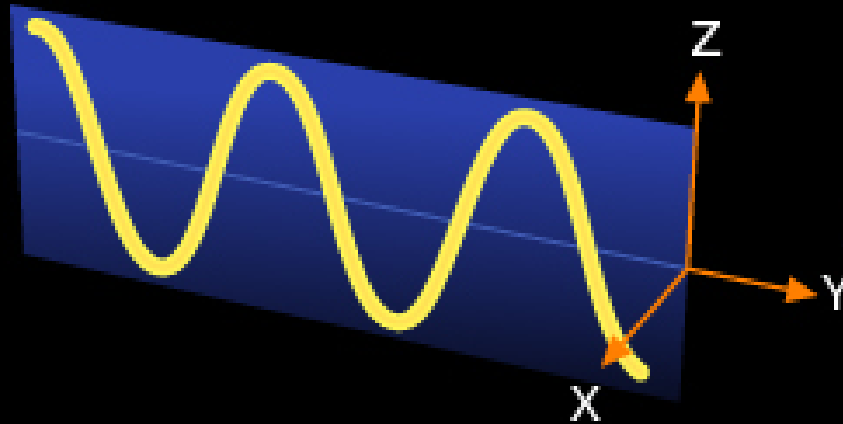


Polarização da Luz

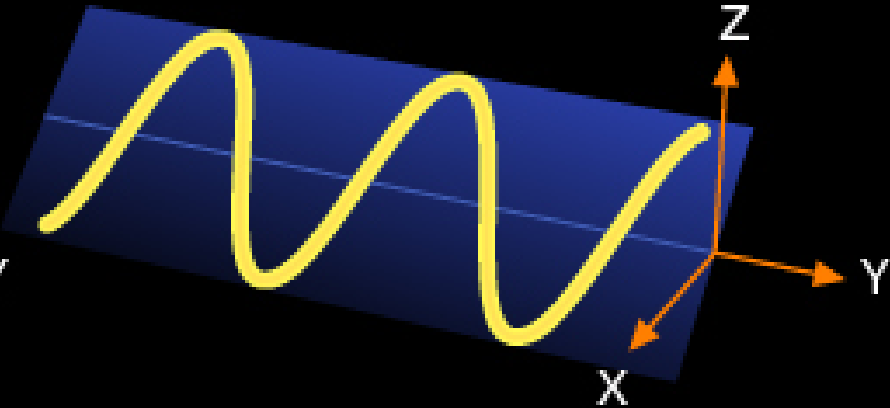


A colocação de dois polarizadores com direções de vibração perpendiculares entre si, impede a passagem da luz.

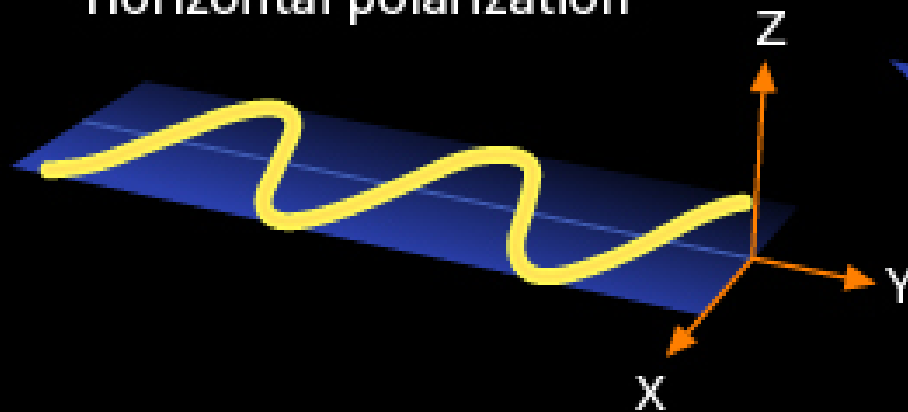
Vertical polarization



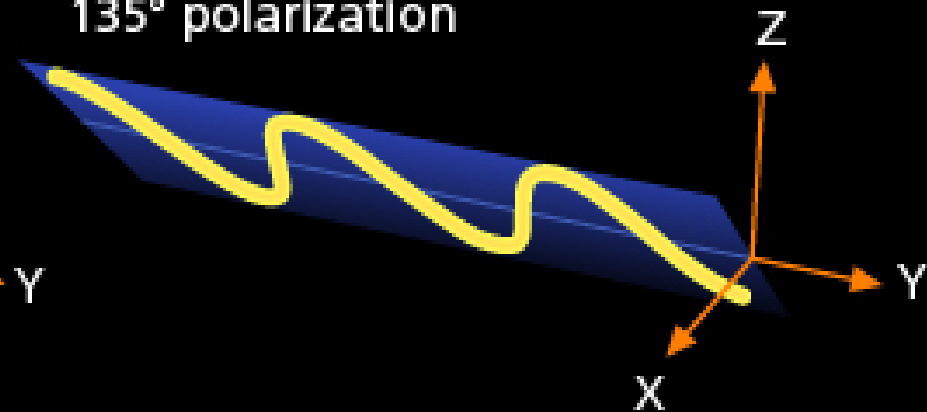
45° polarization

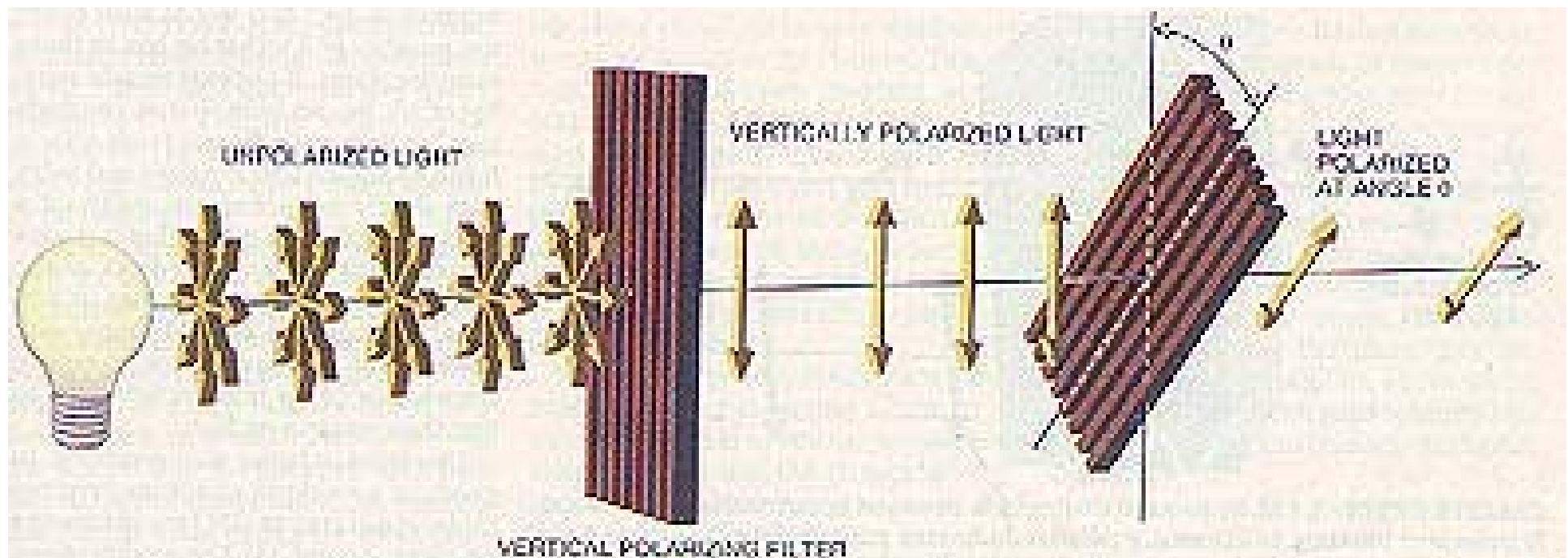


Horizontal polarization

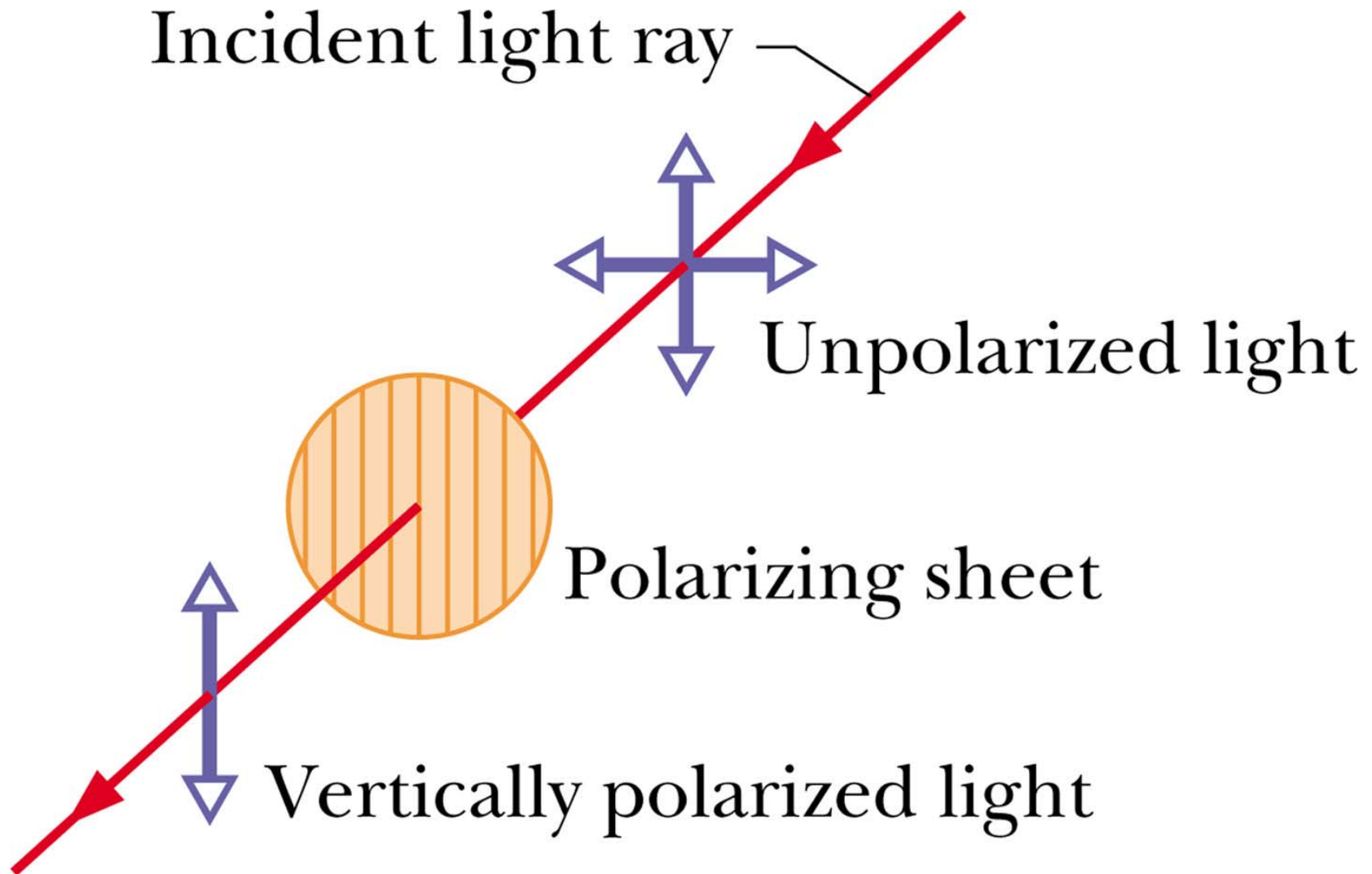


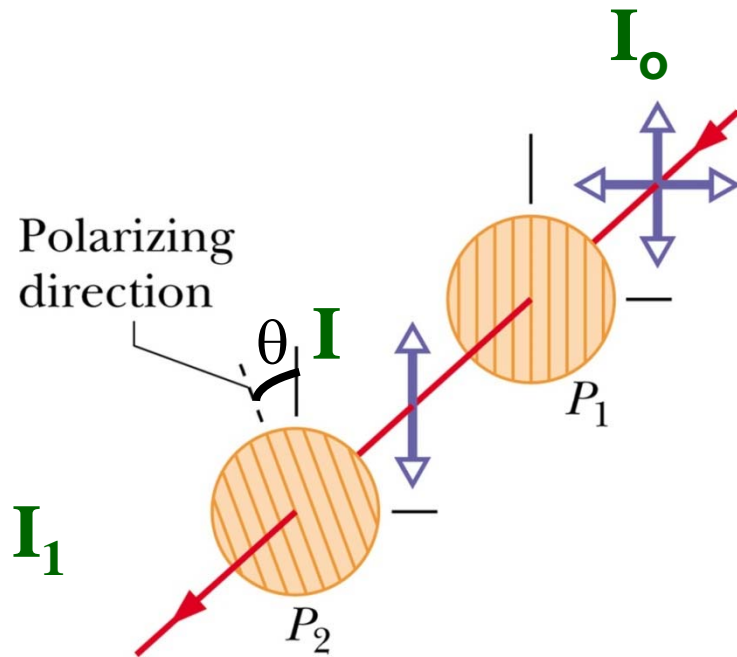
135° polarization





Incident light ray

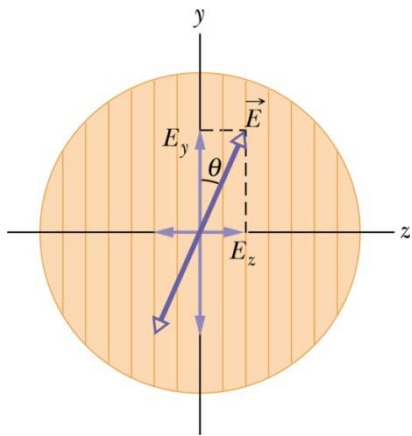




$$E_y = E \cos \theta$$

Como: $I = \frac{1}{c\mu_0} \frac{E^2}{2}$ Então: $I_1 = \frac{1}{c\mu_0} \frac{E_y^2}{2}$

Desse modo: $I_1 = \frac{1}{c\mu_0} \frac{E^2 \cos^2 \theta}{2}$

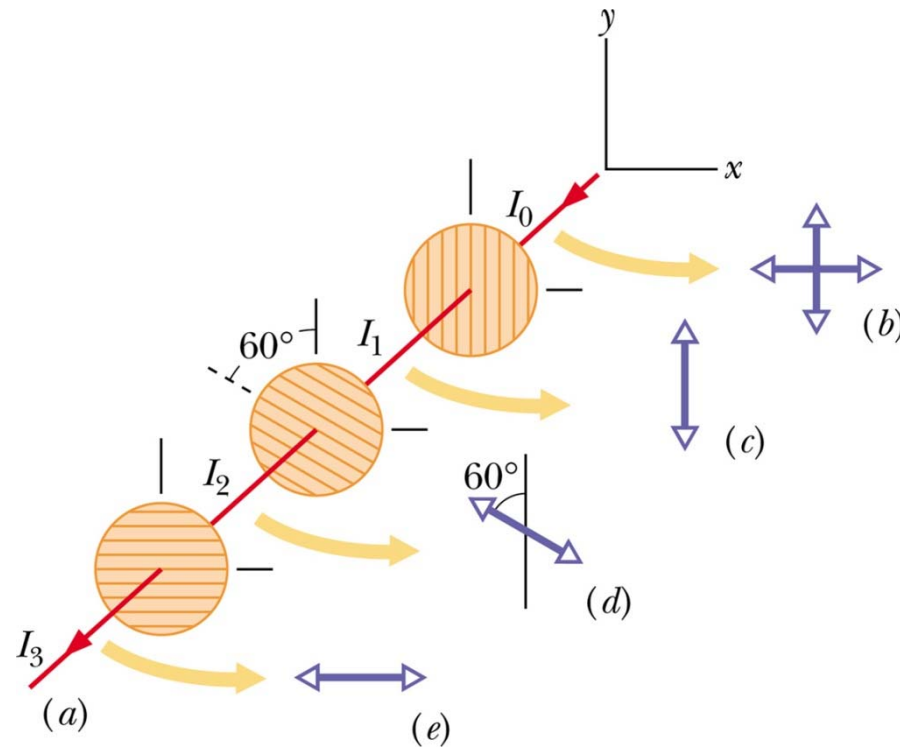


Assim: $\frac{I_1}{I} = \frac{\frac{1}{c\mu_0} \frac{E^2 \cos^2 \theta}{2}}{\frac{1}{c\mu_0} \frac{E^2}{2}}$

Logo: $I_1 = I \cos^2 \theta$

Exemplo:

A Figura, desenhada em perspectiva, mostra um conjunto de três filtros polarizadores no qual incide um feixe de luz inicialmente não-polarizada. A direção de polarização do primeiro filtro é paralela ao eixo y , a do segundo faz um ângulo de 60° com a primeira no sentido anti-horário e a do terceiro é paralela ao eixo x . Que fração da intensidade inicial I_0 da luz sai do conjunto e em que direção essa luz está polarizada?



Resolução: Idéias chave

1. O cálculo deve ser realizado filtro por filtro, começando pelo filtro no qual a luz incide inicialmente.
2. Para determinar a intensidade da luz transmitida por um dos filtros basta aplicar a regra da metade (se a luz incidente no filtro não estiver polarizada) ou a regra do cosseno ao quadrado (se a luz incidente no filtro já estiver polarizada).
3. A direção de polarização da luz transmitida por um filtro polarizador é sempre igual a direção de polarização do filtro.

Primeiro filtro: Como a luz incidente no primeiro filtro é não-polarizada, a intensidade I_1 da luz transmitida pelo primeiro filtro é dada pela regra da metade.

$$I_1 = \frac{I_o}{2}$$

Como a direção de polarização do primeiro filtro é paralela ao eixo y , a polarização da luz transmitida pelo filtro também é paralela ao eixo y .

Segundo filtro: Como a luz que chega ao segundo filtro é polarizada, a intensidade I_2 da luz transmitida pelo filtro é dada pela regra do cosseno ao quadrado. O ângulo é o ângulo entre a direção de polarização da luz incidente (paralela ao eixo y) e a direção de polarização do segundo filtro (que faz um ângulo de 60° com o eixo y no sentido anti-horário). Assim, $\Theta = 60^\circ$.

$$I_2 = I_1 \cdot \cos^2 60^\circ$$

Terceiro filtro: Como a luz que chega ao terceiro filtro é polarizada, a intensidade I_3 da luz transmitida pelo filtro é dada pela regra do cosseno ao quadrado. O ângulo é agora entre a direção de polarização da luz que chega ao terceiro filtro e a direção de polarização do terceiro filtro. Assim, $\Theta = 30^\circ$.

$$I_3 = I_2 \cdot \cos^2 30^\circ$$

$$I_3 = I_2 \cdot \cos^2 30^\circ = (I_1 \cdot \cos^2 60^\circ) \cos^2 30^\circ$$

$$I_3 = \left(\frac{I_o}{2} \cdot \cos^2 60^\circ \right) \cos^2 30^\circ$$

$$I_3 = 0,094 I_o$$

$$\frac{I_3}{I_o} = 0,094$$

Isso significa que a luz que sai do conjunto tem apenas 9,4% da intensidade da luz que incide no conjunto.

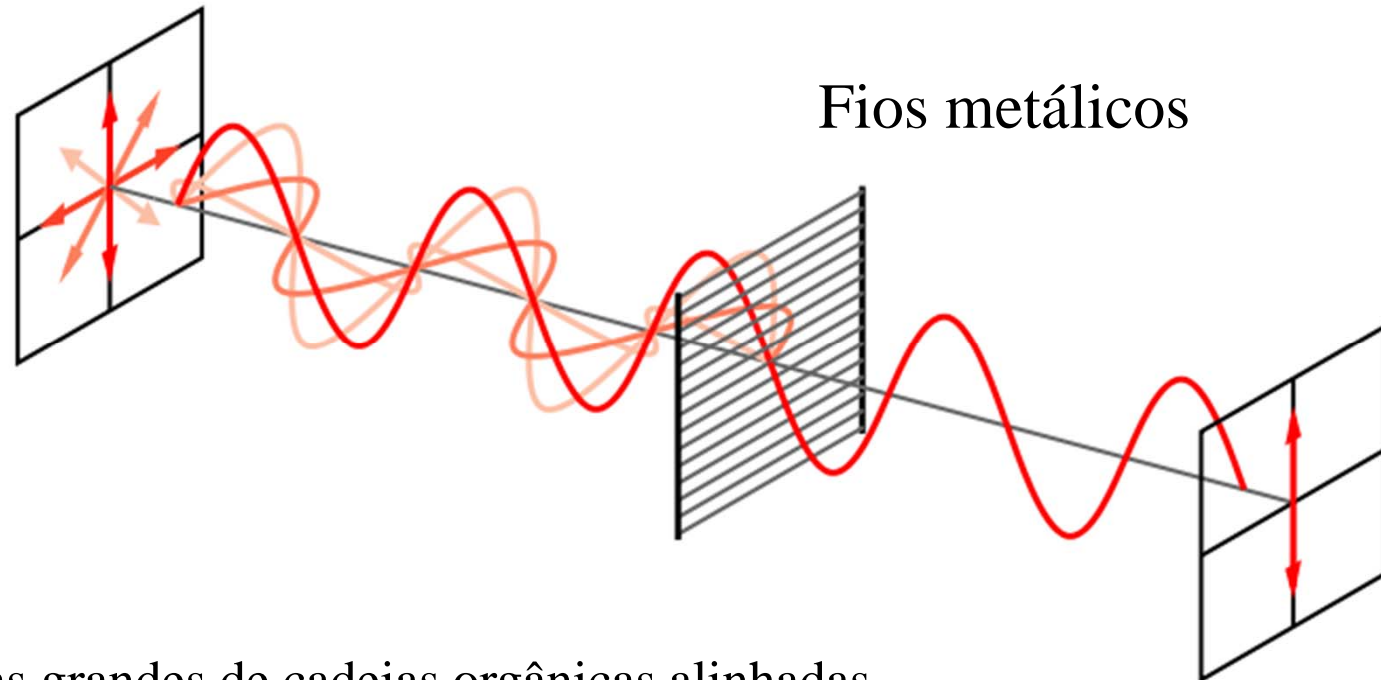
Polarização por absorção seletiva

Polaroide, que polariza a luz mediante a absorção seletiva por moléculas orientadas.

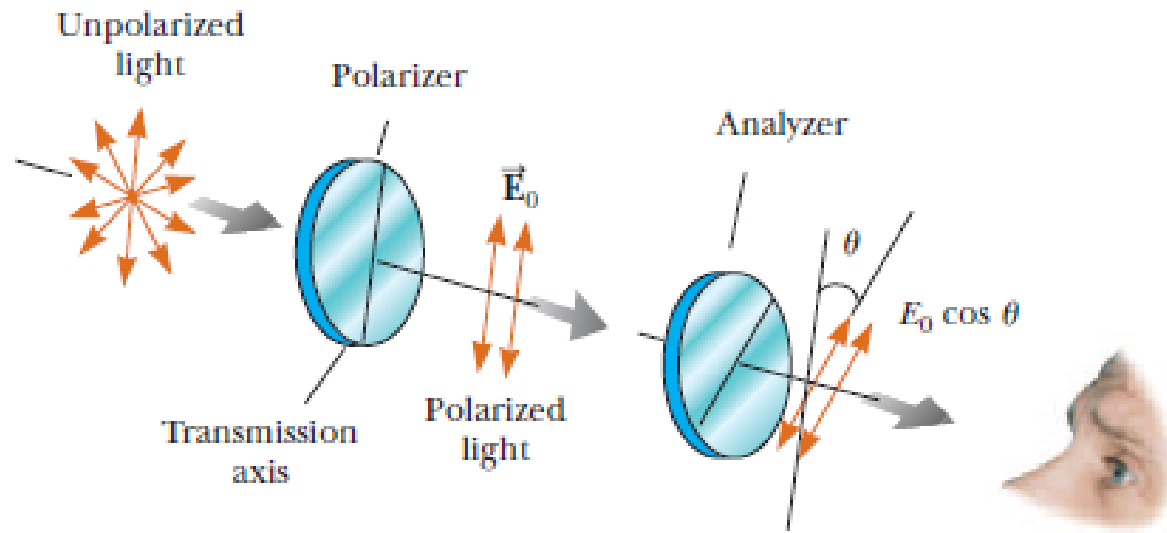
O material transmite ondas cujos vetores campo elétrico vibram em um plano paralelo a uma certa direção e absorve as ondas cujos vetores campo elétrico vibram nas outras direções.

Polarizadores

A luz polarizada em uma dada direção é absorvida pelo material usado na fabricação do polarizador. A intensidade da luz polarizada perpendicularmente a esta direção fica inalterada.

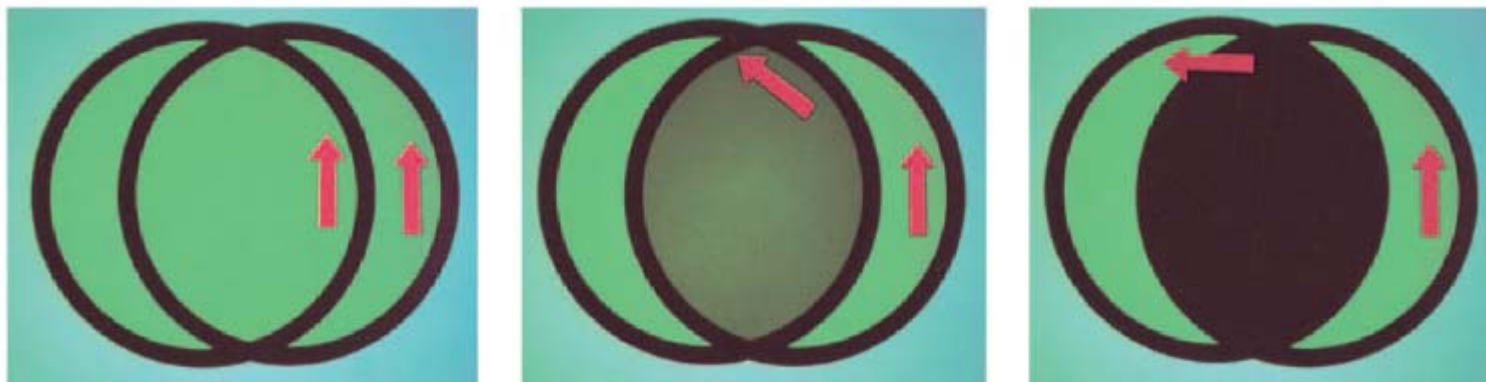


- Moléculas grandes de cadeias orgânicas alinhadas
- Mergulhadas em iodos para se tornarem condutoras
- Condução pelos átomos de carbono



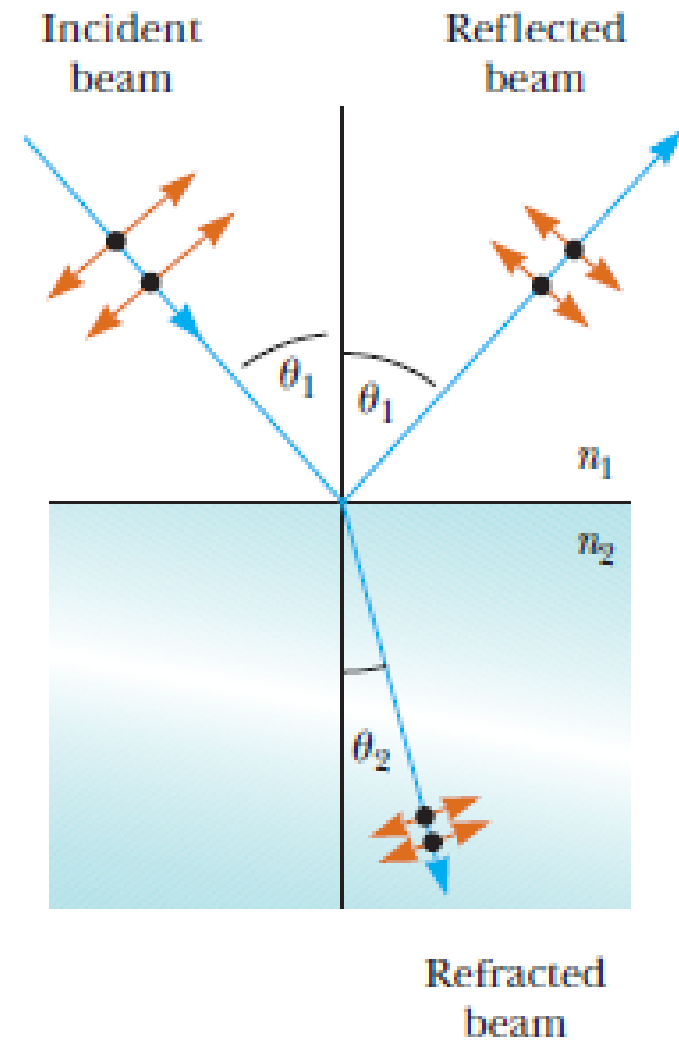
Lei de Malus

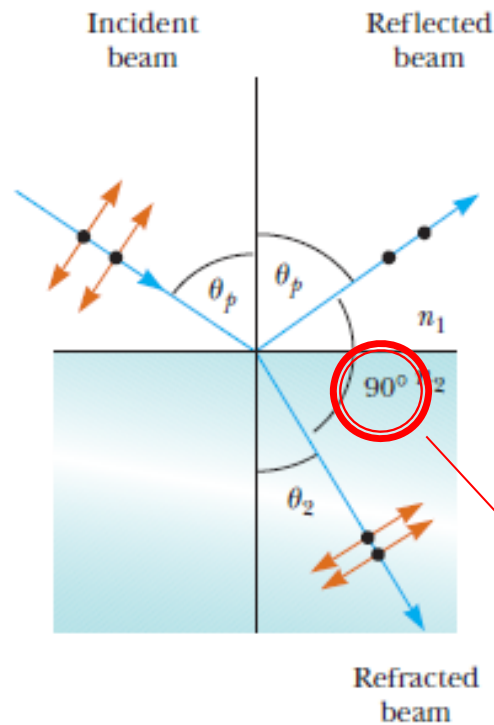
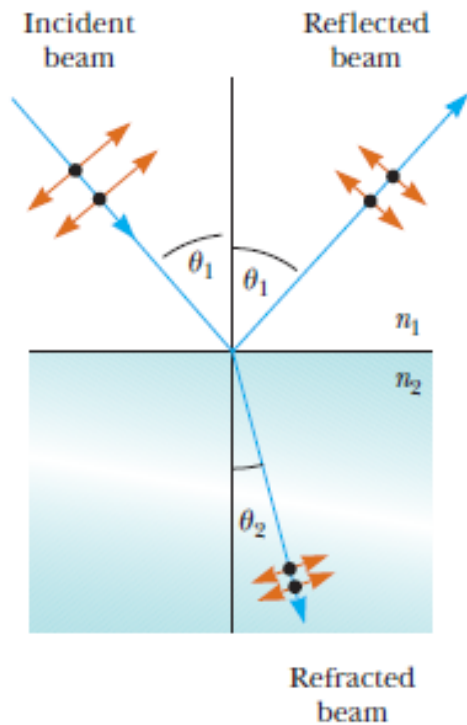
$$I_1 = I \cos^2 \theta$$



Polarização por reflexão

Quando um feixe de luz não-polarizada se reflete em uma superfície, a luz refletida pode estar completamente polarizada, parcialmente polarizada ou não-polarizada, conforme o ângulo de incidência.





O ângulo de polarização θ_p é chamado de **ângulo de Brewster**.

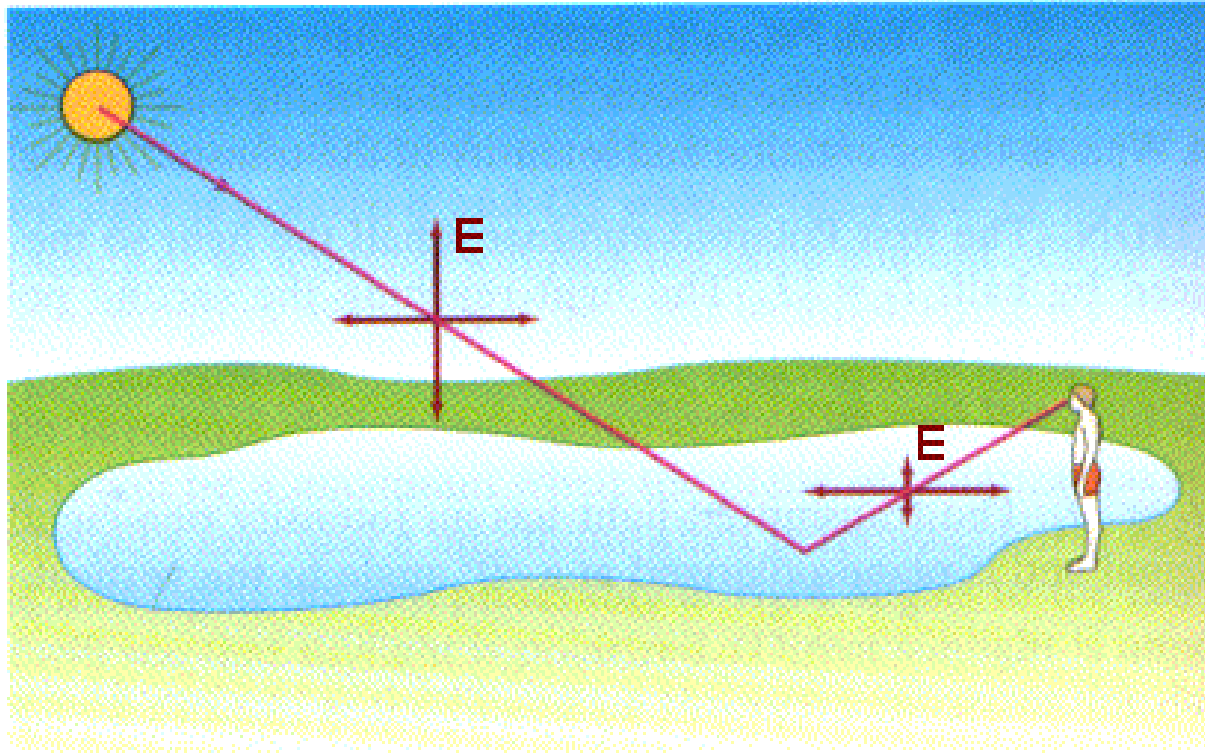
Polarização total

$$\eta_1 \text{sen} \theta_1 = \eta_2 \text{sen} \theta_2 \quad \rightarrow \quad \eta = \frac{\text{sen} \theta_1}{\text{sen} \theta_2} = \frac{\text{sen} \theta_p}{\text{sen} \theta_2}$$

$$\text{sen} \theta_2 = \text{sen}(90^\circ - \theta_p) = \cos \theta_p$$

$$\eta = \frac{\text{sen} \theta_p}{\cos \theta_p} = \tan \theta_p$$

Lei de Brewster



As lentes para sol são feitas de material polarizador que reduz a luminosidade da luz refletida. Os eixos de transmissão das lentes estão orientados verticalmente, de modo a absorver a forte componente horizontal da luz.

Polarização por espalhamento



Ao olhar para o céu o que você vê é a luz solar que foi absorvida e depois retransmitida em muitas direções. Esse fenômeno denomina-se **espalhamento**.

Se a Terra não possuísse atmosfera, o céu seria tão negro durante o dia como é visto à noite, tal como é visto por um astronauta no espaço ou na Lua. Você veria a luz solar somente quando olhasse diretamente para o Sol.



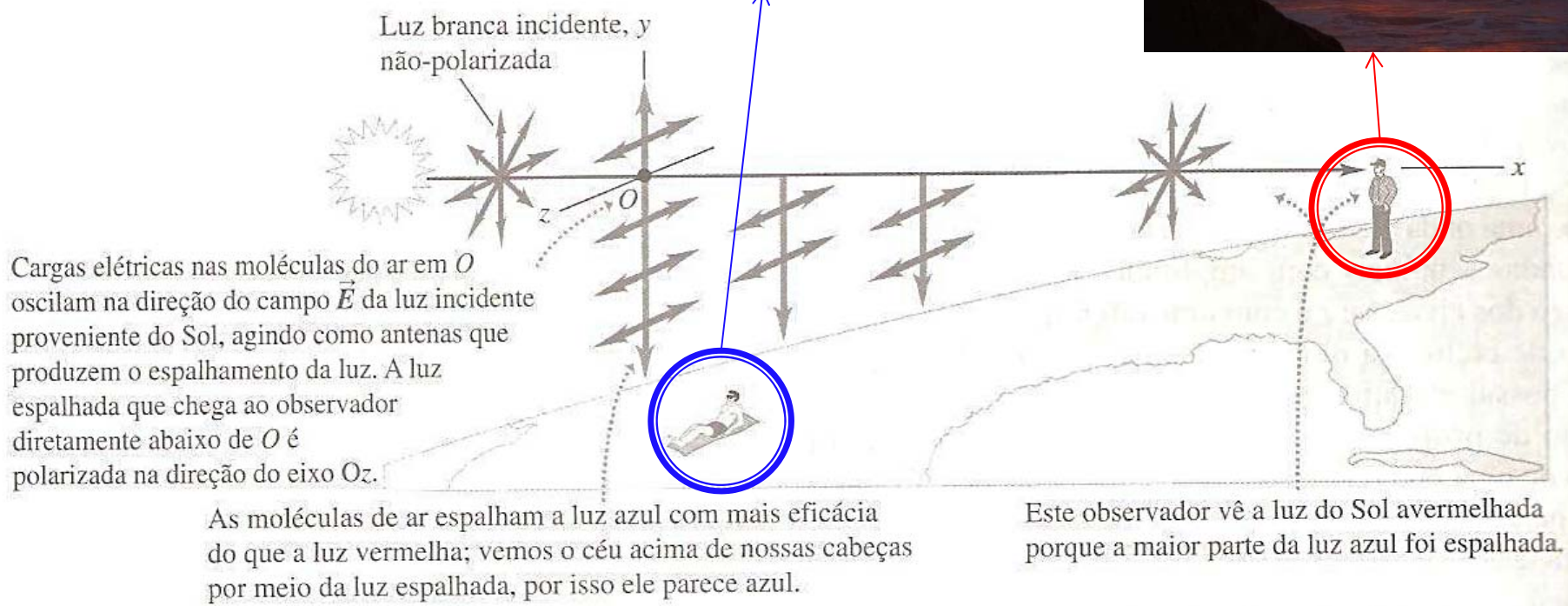


Figura 33.32 Quando o banhista deitado que se encontra à esquerda olha para cima, ele vê a luz solar azul, polarizada, que foi espalhada pelas moléculas do ar. O observador à direita vê luz avermelhada, não-polarizada, quando olha para o Sol.