

POLARIZAÇÃO DA LUZ

INTRODUÇÃO

Uma onda eletromagnética é formada por campos elétricos e magnéticos que variam no tempo e no espaço, perpendicularmente um ao outro, como representado na Fig. 1. A direção de polarização de uma onda eletromagnética é definida como a direção do campo elétrico dessa mesma onda. Assim, a onda mostrada na Fig. 1 é linearmente polarizada ao longo da direção y .

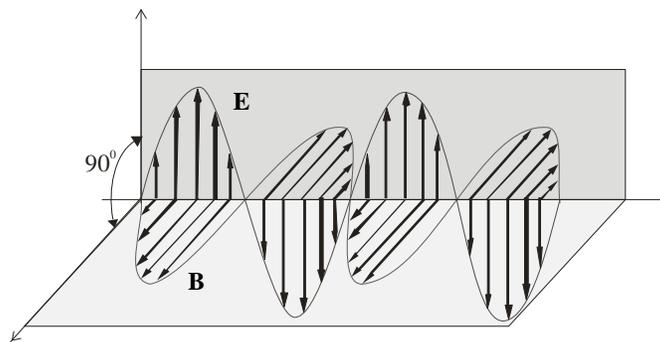


Figura 1 - Representação dos campos elétrico **E** e magnético **B** de uma onda eletromagnética que se propaga na direção x .

No caso da luz produzida por lâmpadas comuns e pelo Sol, as ondas são originadas de um grande número de irradiadores independentes, que emitem ondas polarizadas em direções aleatórias; essa luz é não-polarizada.

Ondas eletromagnéticas polarizadas podem ser obtidas, no momento da emissão — por exemplo, ondas de rádio e de televisão são produzidas por oscilações de cargas elétricas nas antenas e, em geral, são linearmente polarizadas ao longo da direção paralela à antena — ou posteriormente a ela, pela absorção seletiva das ondas de um feixe de luz não-polarizada.. Há vários processos para se produzirem ondas de luz polarizadas a partir de luz não-polarizada. Dois desses processos são discutidos a seguir.

Polarização por absorção seletiva

Um tipo comum de polarizador — dispositivo usado para produzir luz polarizada — consiste em uma placa feita com um material que só deixa passar as componentes de campo elétrico

da luz que estão em uma determinada direção. Um desses materiais, o polaróide, é constituído de longas cadeias de moléculas orientadas em uma direção. Essas cadeias são boas condutoras elétricas e absorvem luz incidente, cujo campo elétrico é paralelo a elas e transmite luz cujo campo elétrico é perpendicular.

Na Fig. 2, está representado um feixe de luz não-polarizada que incide sobre uma lâmina de polaróide, cujo eixo de transmissão está na direção vertical. A luz transmitida através dessa primeira lâmina — chamada de polarizador — é linearmente polarizada nessa direção. Na mesma figura também se mostra uma segunda lâmina de polaróide — chamada de analisador —, cujo eixo de transmissão está girado um ângulo θ em relação ao eixo do polarizador. Ao incidir no analisador, uma onda de luz que tem a componente do campo elétrico \mathbf{E} perpendicular ao eixo do analisador é absorvida. O analisador permite a passagem da componente do campo que é paralela ao seu eixo, cujo módulo é $E \cos\theta$. Como a intensidade de uma onda eletromagnética é proporcional ao quadrado de sua amplitude, ou seja, do valor máximo do campo elétrico, a intensidade I da luz transmitida através do analisador é dada por

$$I = I_{\max} \cos^2 \theta , \quad (1)$$

em que I_{\max} é a intensidade da luz polarizada que incide no analisador. Essa expressão é conhecida como Lei de Malus.

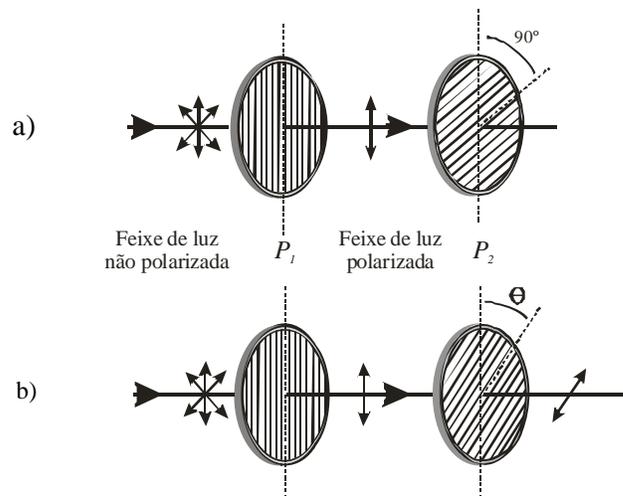


Figura 2 – Um feixe de luz incide em um polarizador e sai polarizado na direção vertical; em (a), o feixe polarizado é absorvido ao incidir em um outro polarizador, que tem o eixo de polarização perpendicular ao primeiro, e, então, nenhuma luz é transmitida; em (b) o eixo de polarização do segundo polaróide está girado um ângulo θ em relação ao primeiro e parte da luz incidente é transmitida.

Polarização por reflexão

Quando luz não-polarizada incide na interface que separa dois meios, a luz refletida, na mesma interface, pode ser parcial ou completamente, polarizada, dependendo do ângulo de incidência e da relação entre os índices de refração dos meios. Na Fig. 3, está representado um feixe de luz não-polarizada que incide em uma superfície. Nessa figura, as componentes do campo elétrico da luz, paralelas à superfície, estão representadas por pontos e as componentes perpendiculares, por setas. Observa-se que a componente paralela à superfície é refletida mais intensamente que a outra.

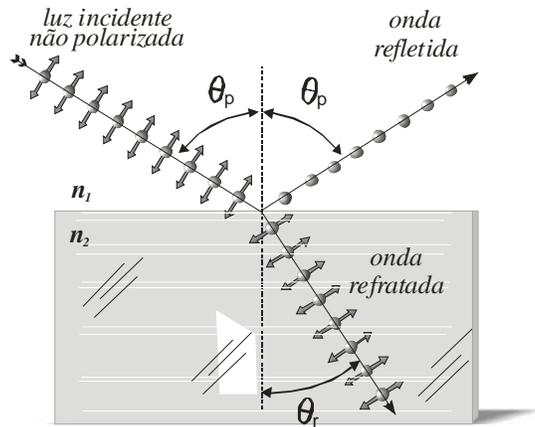


Figura 3 – Quando um feixe de luz não-polarizada incide sobre uma superfície que separa dois meios com um ângulo θ_p , o feixe refletido é completamente polarizado na direção paralela à superfície.

Utilizando-se as equações de Maxwell, pode-se mostrar que, quando o ângulo entre os feixes refletido e refratado é de 90° , como mostrado na Fig. 3, o feixe refletido é completamente polarizado na direção paralela à superfície. Nessa situação, o ângulo de incidência θ_p é chamado de ângulo de Brewster.

√ Com base na Lei de Snell, demonstre que, quando um feixe de luz, propagando-se no ar, incide sobre a superfície de um material que tem índice de refração n , o ângulo de Brewster é dado por

$$\tan \theta_p = n .$$

√ Suponha que um feixe de luz que incide em uma superfície esteja polarizado em um plano perpendicular a essa superfície. Nessa situação, qual é a intensidade da luz refletida quando o ângulo de incidência for igual ao ângulo de Brewster?

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivos

- Analisar, qualitativamente, a polarização da luz emitida por diferentes fontes.
- Verificar a Lei de Malus.
- Determinar o índice de refração do acrílico por meio de polarização por reflexão — ângulo de Brewster.

Material utilizado

- *Laser* não-polarizado, fotômetro, placa plana de acrílico, transferidor, polarizadores com medidor de ângulo, suportes e base.

Procedimentos

Observações qualitativas

- Com um polarizador na frente dos olhos, observe a luz emitida por uma lâmpada incandescente ou fluorescente. Em seguida, gire o polarizador em torno da direção perpendicular ao seu plano. Descreva o que foi observado e explique.
- Agora, observe a mesma lâmpada através de dois polarizadores paralelos. Mantenha um deles fixo e gire o outro. Descreva o que acontece com a intensidade da luz que você observa e explique o que ocorre.
- Observe, através de um polarizador, a luz refletida por uma superfície qualquer. Gire o polarizador. Descreva o que acontece com a intensidade da luz que você observa e explique.

Atenção: Neste experimento, será utilizado um *laser*. Nunca olhe diretamente para o feixe do *laser*, pois isso poderá causar danos sérios e permanentes à retina de seus olhos.

Lei de Malus

Na Fig. 4, mostra-se a montagem a ser utilizada nesta parte do experimento. Um feixe de luz de um *laser*, não-polarizado, passa através de dois polarizadores e, em seguida, incide em um fotômetro.

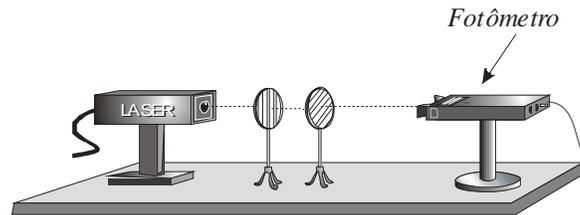


Figura 4 - Montagem para medir a intensidade de um feixe luminoso em função do ângulo entre as direções de polarização do feixe e a de um polarizador.

- Faça a montagem mostrada na Fig. 4 e direcione o feixe do *laser* para a abertura do fotômetro. Inicialmente, ajuste o ângulo entre os eixos dos polarizadores de forma que a intensidade da luz transmitida seja máxima. Em seguida, mantendo um polarizador fixo, gire o outro e meça a intensidade I da luz em função do ângulo θ entre os polarizadores. Por meio de uma análise gráfica das variáveis I e θ , verifique se seus resultados estão de acordo com a Lei de Malus.

Polarização por reflexão

Na Fig. 5 está mostrado um feixe de laser que, após atravessar um polarizador, incide sobre uma placa de acrílico. Esta placa pode girar em torno de um eixo paralelo à sua superfície. Com um transferidor pode-se medir o ângulo entre o feixe e a placa.

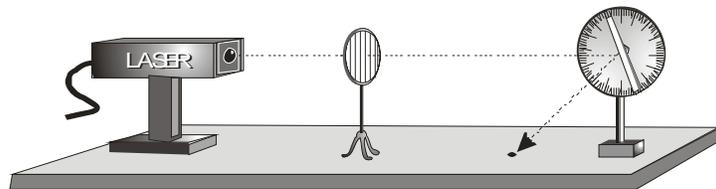


Figura 5 - Dispositivo para medir o Ângulo de Brewster

- Monte o *laser*, o polarizador e o transferidor com a placa de acrílico, como mostrado na Fig. 5. Posicione o polarizador, de forma que o feixe, do *laser*, após passar por ele, esteja polarizado verticalmente. Observe a luz refletida pela placa de acrílico sobre a base de apoio dos componentes da montagem.
- Em seguida, gire, lentamente, a placa de acrílico até o ângulo em que a luz refletida desaparece. Nessa situação, o ângulo de incidência é igual ao Ângulo de Brewster. Meça esse ângulo e, a partir dele, determine o índice de refração do acrílico, com a respectiva incerteza.