

TRABALHO DE LABORATÓRIO

Orientação do prof. Dr. Carlos Takiya e M.sc. Marcos Gomes Prado

Faculdade Independente do Nordeste – FAINOR

Vitória da Conquista – BA

POLARIZAÇÃO, LEI DE MALUS E ATIVIDADE ÓPTICA

Este roteiro segue a seguinte estrutura:

1 – OBJETIVO DO TRABALHO

2 – RESUMO DA TEORIA

3 – ORIENTAÇÃO PARA O USO

1) OBJETIVO DO TRABALHO

Estudo do fenômeno da polarização da luz, comprovando a lei proposta por Malus.

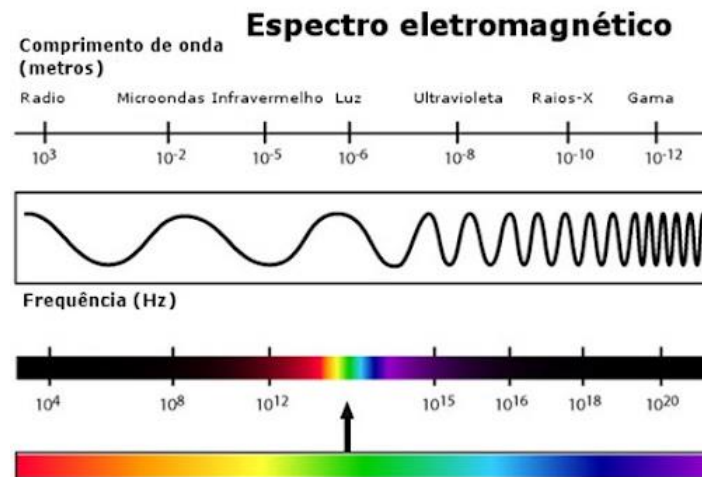
2) RESUMO DA TEORIA

1. LUZ VISÍVEL E ONDA ELETROMAGNÉTICA

Segundo Borges (2009), uma onda é uma perturbação oscilante de alguma grandeza física no espaço e periódica no tempo. A oscilação espacial é caracterizada pelo comprimento de onda e pela frequência. No espectro eletromagnético, as ondas variam de frequência e comprimento de maneira inversamente proporcional, ou seja, quanto maior for a frequência da onda, menor será seu comprimento.

O espectro eletromagnético é um intervalo que contém todas as ondas eletromagnéticas, que vão das ondas de rádio até os raios gama. Ele mostra as ondas eletromagnéticas e suas frequências e comprimentos de onda, colocando todas juntas em um esquema em que seja possível localizar uma em relação à outra. O espectro é composto por ondas de rádio (menor frequência do espectro), as micro-ondas, infravermelho, luz visível, ultravioleta, raios x e raios gama (maior frequência do espectro).

Figura 1: Espectro Eletromagnético



Fonte: OLIVEIRA, 2008.

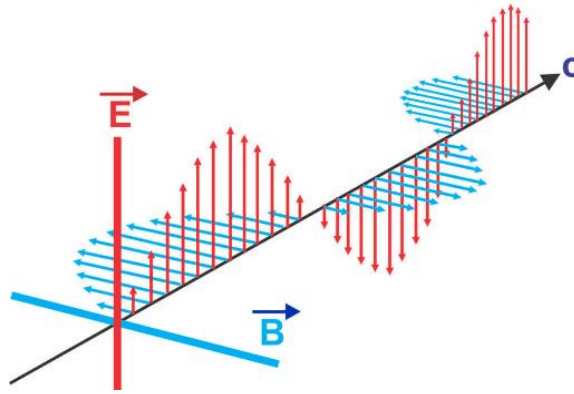
Segundo DE QUEIROZ (2006), sendo radiação eletromagnética, a luz apresenta um comportamento ondulatório caracterizado por sua frequência (f) e comprimento de onda (λ). A faixa do espectro eletromagnético à qual o sistema visual humano é sensível se estende aproximadamente de 400 a 770 nm como é possível ver na Figura 1, e denomina-se luz visível (ACHARYA, 2005). Radiação eletromagnética com comprimentos de onda fora desta faixa não é percebida pelo olho humano. Dentro dessa faixa, o olho percebe comprimentos de onda diferentes como cores distintas, sendo que fontes de radiação com um único comprimento de onda denominam-se monocromáticas e a cor da radiação denomina-se cor espectral pura.

2. POLARIZAÇÃO DA LUZ

De acordo com SCARINCI (2014), segundo o modelo ondulatório, a luz natural ou não polarizada é composta de ondas eletromagnéticas que vibram em infinitos planos perpendiculares à direção da propagação do feixe luminoso.

Isso ocorre porque à medida que a luz percorre esses dois planos (elétrico e magnético) giram em torno do seu próprio eixo de propagação. Por exemplo, se fosse possível ver as vibrações das ondas da luz de frente, seria possível visualizar algo parecido com a Figura 2.

Figura 2: Onda de Luz não polarizada



Fonte: Crosster, 2018.

De acordo com OLIVEIRA et al (2020), uma onda eletromagnética pode ser definida como um conjunto de perturbações dos campos elétrico E e magnético B , que se propagam no espaço:

$$\vec{E}(\vec{r}, t) = \vec{E}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}), \quad (1)$$

$$\vec{B}(\vec{r}, t) = \vec{B}_0 \cos(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r}), \quad (2)$$

onde \vec{E} na equação (1) e \vec{B} na equação (2), são as amplitudes dos campos elétrico e magnético, respectivamente, $(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$ é a fase da onda, $\vec{k} = \frac{2\pi}{\lambda} \vec{e}$ é o número de onda, λ é o comprimento de onda, \vec{r} é o vetor de posição, \vec{e} é o vetor unitário na direção de propagação da onda, ω é a frequência cíclica e t é o tempo.

Uma onda eletromagnética é uma onda transversal onde os vetores \vec{E} , \vec{B} e \vec{k} são mutuamente perpendiculares. Para a descrição da forma de uma onda eletromagnética no espaço, utiliza-se o conceito de frente de onda: uma superfície até a qual chegou à perturbação do campo eletromagnético em dado momento de tempo. A superfície de onda é uma superfície na qual as oscilações do vetor \vec{E} ocorrem na mesma fase. Esta superfície, correspondentemente, também é uma superfície de onda para o vetor \vec{B} .

Chama-se onda eletromagnética polarizada, àquela em que a direção das oscilações do vetor \vec{E} (ou do vetor \vec{B}) varia em cada ponto do espaço de forma ordenada.

Existem três tipos principais de polarização das ondas eletromagnéticas: Polarização linear - O vetor \vec{E} oscila no espaço ao longo de uma direção definida; Polarização circular - A extremidade do vetor \vec{E} em rotação descreve um círculo no espaço mantendo o seu módulo constante; Polarização elíptica - A extremidade do vetor \vec{E} , em rotação no espaço, descreve uma elipse.

3. POLARIZAÇÃO PLANA

As equações de Maxwell permitem, particularmente, tal solução onde somente uma projeção do vetor \vec{E} é diferente de zero.

Como consequência da propriedade de ortogonalidade, a projeção do vetor \vec{B} somente é diferente de zero no eixo Y, ou seja, $B_y(z, t)$.

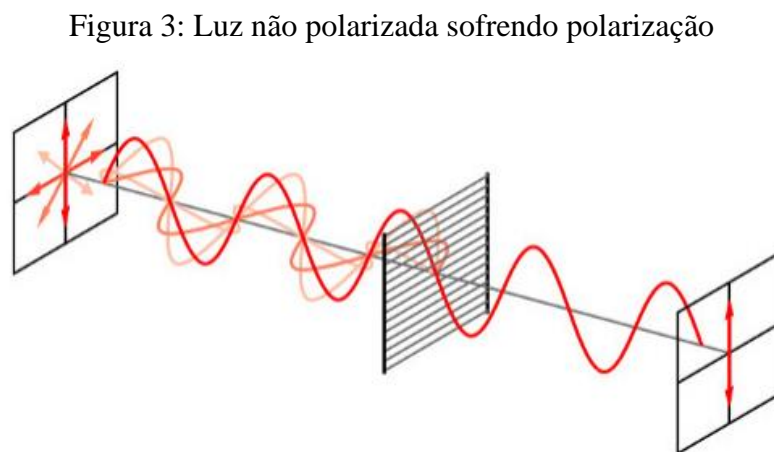


Figura 3: Luz não polarizada sofrendo polarização

Fonte: HECHT, 2017.

Neste caso, diz-se que a onda tem polarização linear ou plana. No plano perpendicular à direção de propagação, as ondas dos vetores \vec{E} e \vec{B} descrevem, em um período, duas linhas mutuamente perpendiculares, cujos comprimentos são determinados pelo dobro da amplitude das componentes elétrica e magnética do campo como na Figura 3.

4. LEI DE MALUS

O polarizador é um dispositivo que transmite radiação, na qual o vetor \vec{E} oscila, paralelamente, a um plano, chamado plano do polarizador, e que retém, completamente, a radiação cuja direção das oscilações do vetor \vec{E} são perpendiculares a esse plano.

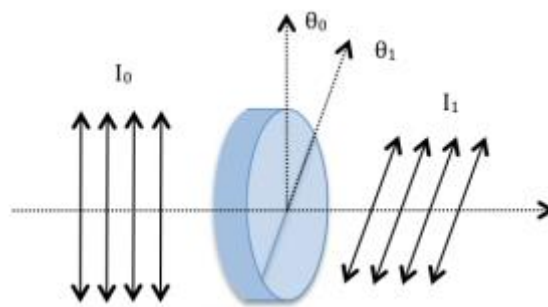
No polarizador incide luz linearmente polarizada com o vetor \vec{E} dirigido sob um ângulo φ com o plano do polarizador, então o polarizador transmite somente a componente descrita na equação (3), e paralela a este plano, retém, completamente, a componente perpendicular descrito na equação (4).

$$|\vec{E}_2| = |\vec{E}| \cos \theta, \quad (3)$$

$$|\vec{E}_1| = |\vec{E}| \sin \theta. \quad (4)$$

Considerando um feixe de luz inicialmente polarizado linearmente numa direção θ_0 , após passar através de um polarizador que tem seu eixo de polarização ao longo da direção θ_1 , a parte do feixe que é transmitida fica polarizada na direção θ_1 , como mostra a Figura 4.

Figura 4: Transmissão de um feixe de luz inicialmente polarizado através de um polarizador



Fonte: FISEXP4, 2017.

Segundo o físico francês Étienne-Louis Malus, quando um polarizador é colocado na frente de um feixe polarizado de luz, a intensidade (I) da luz que passa através do polarizador é representada pela equação (5).

$$I = I_0 \cos^2(\theta_0 - \theta_1), \quad (5)$$

onde I_0 é a intensidade incidente no polarizador e I a intensidade transmitida pelo mesmo. Na prática, a intensidade transmitida I quando o polarizador está alinhado com a polarização do feixe incidente ($\theta_1 = \theta_0$) será menor que I_0 devido a perdas.

3) ORIENTAÇÃO PARA USO

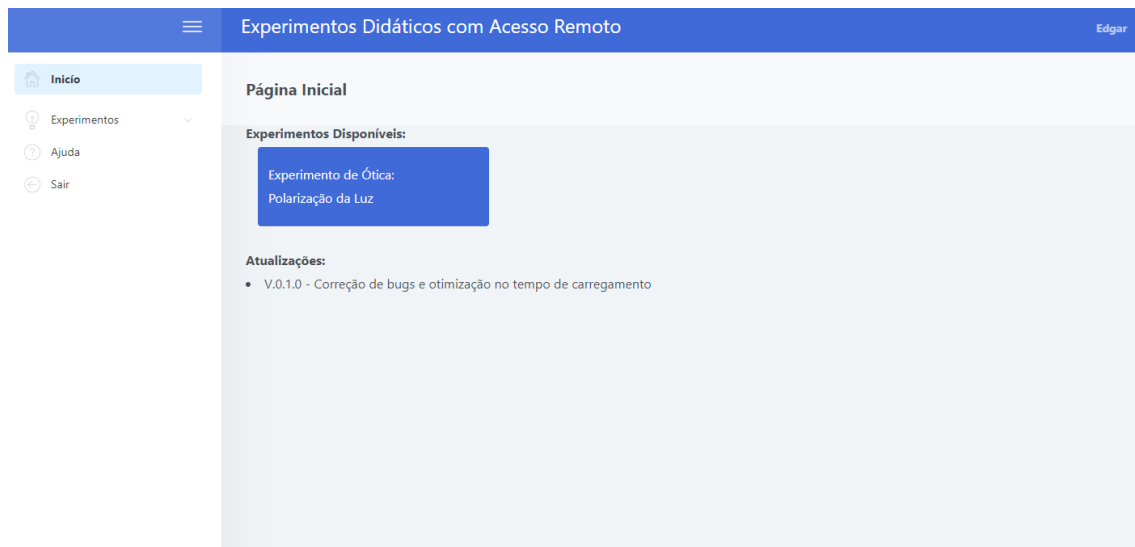
Inicialmente a primeira tela ao iniciar o sistema, é a tela de identificação para o acesso (Figura 5), onde deve ser inserido o nome do utilizador para identificar o usuário presente.

Figura 5: Tela para identificação do usuário



Ao inserir o nome do usuário, e clicar no botão “Acessar”, o usuário será redirecionado para a tela contendo os experimentos disponíveis (Figura 6), onde poderá selecionar o experimento da polarização da luz, além de poder navegar na plataforma dos experimentos automatizados através da barra de navegação a esquerda.

Figura 6: Plataforma dos experimentos disponíveis



Ao selecionar o experimento da polarização da luz, caso esteja disponível no momento do acesso, poderá ter a visualização dos comandos para atuar sobre o experimento, bem como os dados físicos reais e a imagem gravada em tempo real do experimento da polarização, como na Figura 7.

Figura 7: Ambiente do experimento da polarização da luz



Para controlar o experimento, caso o mesmo esteja com o status “On-line”, poderá ser inserido um valor no campo angulação, e tendo selecionado a opção manual, logo esse valor da

angulação irá rotacionar em graus o primeiro filtro polarizador em relação ao segundo filtro polarizador. Para o controle automático, deve ser selecionada a opção automático, e inserido o intervalo de valores no campo angulação, que dessa forma, o sistema embarcado irá rotacionar 360° o primeiro filtro polarizador em relação ao segundo, variando a angulação de acordo o que foi inserido no campo angulação.

Todos os dados são disponibilizados em tempo real, onde o campo luminosidade está a cada 1 segundo coletando dados da luminosidade do experimento da polarização da luz.

O gráfico apenas é desenhado a cada comando no manual, ou durante a execução no modo automático, registrando assim a angulação e a intensidade luminosa.

A plataforma contém botões auxiliares para imprimir em PDF o experimento no momento atual, registrando os dados coletados, o gráfico e a câmera no instante atual. O botão gravar permite gravar a tela durante o experimento para registro e armazenamento do vídeo. O botão alinhar, envia um comando para o sistema embarcado, para alinhar a 0° os filtros polarizadores.

REFERÊNCIAS:

BORGES, PATRÍCIA DURO; MARIA, SANTA. APOSTILA DE FÍSICA. UFSM. SANTA MARIA, RIO GRANDE DO SUL, 2009.

DE QUEIROZ, JOSÉ EUSTÁQUIO RANGEL; GOMES, HERMAN MARTINS. INTRODUÇÃO AO PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS. RITA, v. 13, n. 2, p. 11-42, 2006.

ACHARYA, T., RAY, A. K. IMAGE PROCESSING- PRINCIPLES AND APPLICATIONS. JOHN WILEY & SONS, INC. 2005.

SCARINCI, ANNE L.; MARINELI, FÁBIO. O MODELO ONDULATÓRIO DA LUZ COMO FERRAMENTA PARA EXPLICAR AS CAUSAS DA COR. REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, v. 36, 2014.

OLIVEIRA, IVANOR NUNES DE ET AL. CONSTRUÇÃO DE UMA MAQUETE EXPERIMENTAL AUTOMATIZADA PARA O ESTUDO DA POLARIZAÇÃO DA LUZ E COMPROVAÇÃO EXPERIMENTAL DA LEI DE MALUS COM O AUXÍLIO DA PLATAFORMA ARDUÍNO. REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA, v. 42, 2020.