



Polarización

**Técnicas Experimentais III
(Laboratorio de Óptica)
Grao en Física**

A. OBXECTIVO XERAL

Estudar os estados de polarización da luz. Analizar a validez da lei de Malus.

B. TAREFAS A REALIZAR

1. Aliñamento e posta a punto do sistema.
2. Análise da validez da lei de Malus.
3. Determinación da orientación absoluta dos eixes dos polarizadores
4. Xeración e análise de estados de polarización elíptica

C. RESULTADOS A PRESENTAR

Os resultados a presentar son os que se describen no Anexo 1.

D. MATERIAL DISPOÑIBLE

Fonte de luz: lámpada de sodio (Na) de baixa presión emitindo principalmente en 589 nm, dous polarizadores lineais, unha lámina retardadora $\lambda/4$ para luz de sodio, banco óptico, filtro pasa baixa, tres lentes converxentes, aberturas circulares, detector de potencia da radiación.

Comproba que tes este material e -se falta algo- ponte en contacto coa profesora ou profesor. Por favor, non movas material dos bancos ópticos veciños.

NOTA IMPORTANTE:

NUNCA TOQUES AS SUPERFICIES ÓPTICAS DOS ELEMENTOS, NIN SEQUERA PARA LIMPALAS! SE NON ESTÁN LIMPAS, AVISA Á PERSOA ENCARGADA DO LABORATORIO.

E. NOTAS SOBRE O PROCEDEMENTO

1. Aliñamento e posta a punto do sistema.

Chamamos luz ás ondas electromagnéticas detectables polo sistema visual humano. As ondas electromagnéticas nun medio homoxéneo e isotrópico son ondas vectoriais transversais á dirección de propagación. A dirección que en cada momento ten o vector campo eléctrico denomínase *dirección de vibración*. O plano que contén o vector campo eléctrico e o vector unitario na dirección de propagación das ondas denomínase *plano de polarización*. En cada punto do espazo a dirección do campo eléctrico pode variar ou non co tempo: o xeito no que varía denomínase *estado de polarización da luz*. Na luz non polarizada o vector campo eléctrico cambia de dirección aleatoriamente dun instante a outro. Na luz totalmente polarizada o campo varía harmonicamente co tempo de xeito que o seu extremo describe un segmento de recta (*polarización lineal*), unha elipse (*pol. elíptica*) ou unha circunferencia (*pol.*

circular). As polarizacións elíptica e circular en cada punto do espazo poden ser *dextróxiras* ou *levóxiras*, segundo sexa o sentido de xiro do vector campo nese punto cando a luz se propaga cara ao observador.

As técnicas baseadas na análise dos estados de polarización da luz son de grande importancia para a determinación de diversas magnitudes, que van dende a medida de índices de refracción de diferentes materiais até a análise da concentración de disolucións.

Para estudar os estados de polarización da luz precisamos ter un feixe colimado, é dicir, un feixe de raios paralelos que se propagan ao longo do banco óptico. Para facer iso usando unha lámpada extensa e incoherente, como a lámpada de vapor de sodio a baixa presión da que dispoñedes, o máis práctico é concentrar (mediante unha lente, chamada *lente condensadora*) a luz desta lámpada sobre unha pantalla na que se practica un pequeno orificio circular, e colocar tras dela outra lente (chamada *lente colimadora*) asegurando que o orificio estea no seu plano focal. Deste xeito, á saída da segunda lente teremos un feixe de raios aproximadamente colimado (tanto máis colimado canto máis pequeno sexa o orificio da pantalla). Este feixe utilizarémolo para iluminar os diversos polarizadores e láminas de retardo de fase utilizadas nesta experiencia. Ao final do banco óptico situamos a terceira lente, que actuará como *colectora* da radiación e, no seu foco, situamos o detector. Todos os compoñentes deben estar ben aliñados, tanto lateralmente como en alturas. Asegúrate de ter disposto no banco o filtro pasa baixa que elimina as liñas intensas da lámpada de Na no IR próximo.

2. Análise da validez da lei de Malus.

A lei de Malus establece que a irradiancia transmitida por un polarizador lineal ideal (cando sobre el incide luz linealmente polarizada de xeito que a súa dirección de vibración forma un ángulo θ co eixe de transmisión do polarizador) é

$$I(\theta) = I_0 \cos^2 \theta$$

onde I_0 é a máxima irradiancia que atravesa o polarizador, o cal acontece cando o ángulo θ é cero. Se tes algunha dúbida respecto aos conceptos de *polarizador lineal*, *luz linealmente polarizada*, *dirección de vibración*, *plano de polarización* ou *eixe de transmisión do polarizador*, interrompe por uns momentos a realización da experiencia e repasa os temas de polarización da materia "Óptica I".

Para analizar a validez desta lei precisamos usar radiación linealmente polarizada. Podemos obtela situando un polarizador lineal inmediatamente despois da lente colimadora. Coloca a continuación o segundo polarizador (comunmente denominado *analizador*. Deberá ser aquel que teña o círculo graduado de maior precisión, dado que será este o que xiraremos para variar o ángulo θ). Toma as lecturas da irradiancia que chega ao detector xirando o segundo polarizador en intervalos de 10° ata completar 360° . Lembra que a orixe de ángulos, $\theta=0$, corresponde á situación na que os eixes de ambos polarizadores están paralelos.

Ten en conta que o cero da escala graduada do soporte de cada polarizador non coincide necesariamente coa dirección do seu eixe de transmisión.

Representa graficamente $I(\theta)$ fronte a θ e tamén $I(\theta)$ fronte a $\cos^2 \theta$. No primeiro dos casos debes obter unha función oscilante entre 0 e un valor máximo (I_0) que se debe obter para ángulos $\theta=0^\circ, 180^\circ, 360^\circ$. A segunda gráfica debe de corresponder a unha recta con

pendente I_0 . Analiza as discrepancias entre os resultados obtidos e os esperados e busca as súas causas.

3. Orientación absoluta dos eixes de transmisión dos polarizadores

O comportamento descrito pola lei de Malus non depende da posición absoluta dos eixes de transmisión dos polarizadores, senón do ángulo θ que forman entre eles. Porén, en moitos casos precisaremos coñecer como está orientado exactamente o eixe dun elemento polarizador. Podes determinar esta orientación sen máis que observar como se comportan os reflexos dunha fonte de luz sobre calquera superficie lisa (mesa vernizada, lámina de auga...) cando os observas a través do polarizador, lembrando as propiedades do *ángulo de Brewster*. Como o farías?

Se tes algunha dúbida respecto ao concepto de *ángulo de Brewster*, e a súa relación co concepto de *polarización lineal*, interrompe por uns momentos a realización da experiencia e repasa o tema de polarización da materia "Óptica I".

4. Xeración e análise de estados de polarización elíptica

As láminas retardadoras de fase son elementos ópticos constituídos por materiais que presentan diferentes índices de refracción segundo a orientación da dirección de vibración da luz. As láminas teñen dúas direccións perpendiculares entre si, e paralelas ás súas caras, que se denominan *eixes principais*. O funcionamento destas láminas pode describirse dicindo que descompoñen o vector campo eléctrico que incide sobre elas en dúas compoñentes segundo as direccións dos eixes principais, introducíndolle a una delas unha fase relativa adicional δ . Se n_x e n_y son os índices de refracción para a luz que vibra ao longo dos eixes principais X e Y, respectivamente, d é o grosor da lámina e λ é a longura de onda, a lámina introduce un desfase relativo adicional entre as compoñentes do campo dado por:

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_y - n_x) d$$

Para xerar un feixe de luz elípticamente polarizada abonda con facer incidir sobre a lámina de retardo de fase unha onda linealmente polarizada de xeito que a súa dirección de vibración non coincida con ningún dos eixes principais da lámina. Podes localizar os eixes principais dunha lámina de retardo de fase colocando esta entre dous polarizadores cos seus eixes de transmisión perpendiculares (*cruzados*) e observando a cantidade de luz que atravesa o sistema segundo vas xirando a lámina. Pensa como interpretar o resultado.

Xera un feixe de luz elípticamente polarizado orientando calquera dos eixes principais da lámina de maneira que forme un ángulo de 30° co eixe de transmisión do primeiro polarizador. Toma as lecturas da irradiancia que chega ao detector xirando o segundo polarizador en intervalos de 10° ata completar 360° .

Xera un feixe de luz elípticamente polarizado orientando calquera dos eixes principais da lámina de maneira que forme un ángulo de 45° co eixe de transmisión do primeiro polarizador. Toma as lecturas da irradiancia que chega ao detector xirando o segundo polarizador en intervalos de 10° ata completar 360° .

ANEXO. Contidos a presentarLei de Malus

1. Presenta unha gráfica $I(\theta)$ fronte a θ .
2. Presenta unha gráfica $I(\theta)$ fronte a $\cos^2\theta$ e realiza un axuste lineal dos datos.
3. A partir das gráficas anteriores analiza o resultado. Corresponde co esperado? Indica as causas das posibles discrepancias.

Posicións dos eixes dos elementos utilizados

1. Comenta o método usado para determinar os eixes dos polarizadores
2. Comenta o método usado para determinar os eixes da lámina de retardo de fase

Xeración de luz elípticamente polarizada

1. Despois de xirar a lámina un ángulo de 30° , Presenta unha gráfica $I(\theta)$ fronte a θ . Toma como referencia de ángulos a posición do segundo polarizador (analyzer) cando está paralelo ao primeiro polarizador.
2. A partir da gráfica anterior analiza o resultado. En particular, determina a orientación dos eixes da elipse de polarización.
3. Repite os dous apartados anteriores para o caso de xiro da lámina de 45° .