

TAREAS

- Comprobación de la doble refracción en una trayectoria de rayos conoscópica.
- Variación de la doble refracción al aplicar un campo eléctrico.
- Determinación de la semionda de la tensión.

OBJETIVO

Demostración del efecto Pockels en una trayectoria de rayos conoscópica

RESUMEN

El efecto Pockels es un efecto electro-óptico, en el cual un campo eléctrico, en un material apropiado, separa un haz de luz en dos haces parciales polarizados perpendicularmente entre sí. Esta capacidad de la doble refracción óptica se basa en los diferentes índices de refracción que dependen de la dirección de propagación y de la polarización de la luz. Esta propiedad de la doble refracción óptica se basa en los diferentes índices de refracción en dependencia con la dirección de propagación y la polarización de la luz. En el efecto Pockels ésta aumenta linealmente con la intensidad del campo eléctrico y se comprueba en el experimento en un cristal de niobato de litio (LiNbO₃) en una trayectoria de rayos conoscópica. El cuadro de interferencias se forma aquí por dos grupos de hipérbolas de los cuales se puede leer directamente la posición del eje óptico de la doble refracción.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Celda de Pockels en mango	1013393
1	Banco óptico de precisión D, 1000 mm	1002628
3	Jinetillo óptico D, 90/50	1002635
2	Jinetillo óptico D, 90/36	1012401
1	Láser de He y Ne	1003165
1	Objetivo acromático 10x/ 0,25	1005408
1	Filtro de polarización sobre mango	1008668
1	Lente convexa sobre mango f = 50 mm	1003022
1	Pantalla de proyección	1000608
1	Fuente de alimentación de alta tensión E 5kV (230 V, 50/60 Hz)	1013412 ó
	Fuente de alimentación de alta tensión E 5kV (115 V, 50/60 Hz)	1017725
1	Par de cables de experimentación de seguridad, 75 cm	1002849

Informaciones técnicas de los aparatos encuentra Ud. en 3bscientific.com



FUNDAMENTOS GENERALES

El efecto Pockels es un efecto electro-óptico, en el cual un campo eléctrico, en un material apropiado, separa un haz de luz en dos haces parciales polarizados perpendicularmente entre sí. Esta capacidad de la doble refracción se basa en los diferentes índices de refracción en dependencia con la dirección de propagación y en la polarización de la luz. En el efecto Pockels ésta aumenta con la intensidad del campo eléctrico y ese se comprueba en el experimento en un cristal de niobato de litio (LiNbO₃) en una trayectoria de rayos conoscópica.

Para ello, el cristal se encuentra en una celda de Pockels configurada transversalmente, en la cual se aplica un campo eléctrico en dirección del eje óptico de la doble refracción (véase Fig 1). El rayo de luz que se propaga perpendicularmente al cristal se separa en un rayo parcial ordinario polarizado en dirección del eje óptico de la doble refracción y otro rayo extraordinario polarizado perpendicularmente a la dirección del eje óptico de la doble refracción. Medido con la longitud de onda del láser de He-Ne $\lambda = 632,8$ nm, el índice de refracción para el rayo parcial ordinario en el cristal de niobato de litio $n_o = 2,29$ y para el rayo extraordinario $n_e = 2,20$. La diferencia de camino entre el rayo parcial ordinario y el extraordinario es

$$(1) \quad \Delta = d \cdot (n_o - n_e),$$

siendo $d = 20$ mm, el espesor del cristal en dirección del rayo.

En la comprobación de la doble refracción se utiliza una trayectoria de rayo clásica, la cual se propone en muchos libros de óptica para la comprobación de la doble refracción. Se ilumina el cristal con un haz divergente de luz polarizada linealmente y se observa después del cristal la luz que atraviesa, detrás de un analizador cruzado. El eje óptico de la doble refracción aparece claramente en el patrón de interferencia, porque éste se distingue en el medio debido a su simetría. En el experimento se encuentra paralelamente a la superficie de entrada y a la de salida, por lo tanto el patrón de interferencia se compone de dos conjuntos de hipérbolas que están rotados 90° el uno con respecto al otro. El eje real del primer conjunto de hipérbolas se desplaza paralelamente al eje óptico de la doble refracción el segundo perpendicular al eje óptico de la doble refracción. Las bandas oscuras en los conjuntos de hipérbolas se generan por los rayos de luz, para los cuales las diferencias en los caminos ópticos del rayo parcial extraordinario y el rayo parcial ordinario en el cristal son un múltiplo entero de la longitud de onda. Estos rayos mantienen su polarización original después del paso por el cristal y son eliminados por el analizador. La diferencia de caminos corresponden a aproximadamente 2800 longitudes de onda de la luz de láser aplicada. Sin embargo, Δ en general no es exactamente un múltiplo entero de λ sino que se encuentra entre dos valores $\Delta_m = m \cdot \lambda$ y $\Delta_{m+1} = (m + 1) \cdot \lambda$. Las bandas oscuras del primer conjunto de hipérbolas son entonces las diferencias de camino $\Delta_{m+1}, \Delta_{m+2}, \Delta_{m+3},$ etc., en el segundo conjunto de hipérbolas se les asigna diferencias de camino $\Delta_m, \Delta_{m-1}, \Delta_{m-2},$ etc. (véase Fig. 2). La posición de las bandas oscuras depende más exactamente de cuál es su distancia hasta el centro, depende de cuál es la diferencia entre Δ y $m \cdot \lambda$. El efecto Pockels aumenta o disminuye la diferencia entre los índices de refracción principales $n_o - n_e$, dependiendo del signo de la tensión aplicada. En esta forma cambia la diferencia $\Delta - m \cdot \lambda$ y así la posición de las bandas oscuras. Si se aplica la llamada semionda de tensión U_{π} , cambia Δ en media longitud de onda. Las bandas de interferencia oscuras se trasladan a la posición de las claras y viceversa. El proceso se repite con cada aumento adicional de la tensión en el valor U_{π} .

EVALUACIÓN

Con una tensión U_1 las bandas oscuras de asignación de interferencia +1 exactamente en el centro, con la siguiente tensión U_2 la de orden +2. Entonces la tensión de semionda es

$$U_{\pi} = \frac{U_2 - U_1}{2}$$

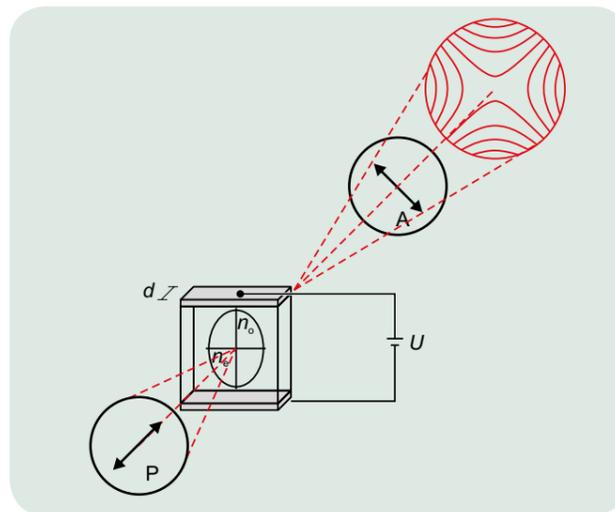


Fig. 1: Representación esquemática de la celda de Pockels en el trayecto de rayos conoscópico entre polarizador y analizador.

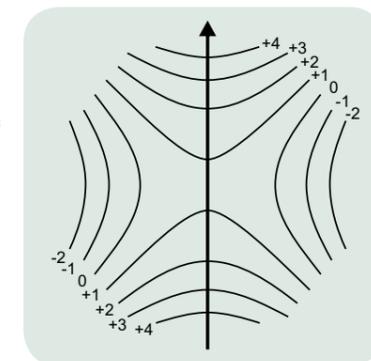


Fig. 2: Patrón de interferencia con el eje óptico del cristal en dirección de la flecha. La indexación de las bandas de interferencia oscuras muestra la diferencia de caminos entre el rayo ordinario y el extraordinario en unidades de la longitud de onda.

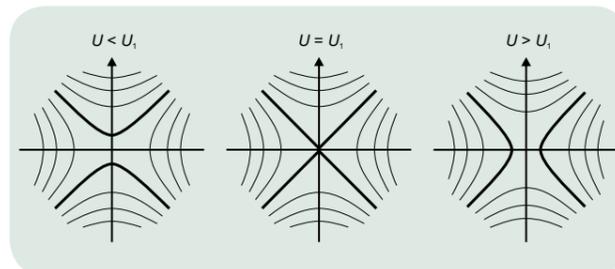


Fig. 3: Cambio del patrón de interferencia debido al efecto Pockels. Las hipérbolas dibujadas en negrita son cada vez las de orden de interferencia +1.