

## FUNZIONI

- Dimostrazione della birifrangenza in un fascio conoscopico.
- Variazione del fenomeno di birifrangenza mediante l'applicazione di un campo elettrico.
- Determinazione della tensione di semionda.

## SCOPO

Dimostrazione dell'effetto Pockels in un fascio conoscopico

## RIASSUNTO

L'effetto Pockels consiste nell'effetto elettro-ottico per il quale, in un materiale idoneo, un campo elettrico divide un fascio luminoso in due fasci parziali polarizzati perpendicolarmente l'uno rispetto all'altro. Tale capacità di birifrangenza deriva dalla variabilità dell'indice di rifrazione in funzione della direzione di propagazione e polarizzazione della luce. Nel caso dell'effetto Pockels, essa aumenta in maniera lineare con l'intensità del campo elettrico e, nell'esperimento, viene dimostrata su un cristallo di niobato di litio ( $\text{LiNbO}_3$ ) posizionato in un fascio conoscopico. La figura di interferenza è composta da due fasci di iperboli dalle quali si ricava direttamente la posizione dell'asse ottico della doppia rifrazione.

## APPARECCHI NECESSARI

| Numero | Apparecchio   | Cat. n°   |
|--------|---|-----------|
| 1      | Cella di Pockels su asta                              | 1013393   |
| 1      | Banco ottico di precisione D, 1000 mm                 | 1002628   |
| 3      | Cavaliere ottico D, 90/50                             | 1002635   |
| 2      | Cavaliere ottico D, 90/36                             | 1012401   |
| 1      | Laser elio-neon                                       | 1003165   |
| 1      | Obiettivo acromatico 10x/ 0,25                        | 1005408   |
| 1      | Filtro di polarizzazione su asta                      | 1008668   |
| 1      | Lente convergente su asta $f = 50$ mm                 | 1003022   |
| 1      | Schermo di proiezione                                 | 1000608   |
| 1      | Alimentatore ad alta tensione E 5kV (230 V, 50/60 Hz) | 1013412 o |
|        | Alimentatore ad alta tensione E 5kV (115 V, 50/60 Hz) | 1017725   |
| 1      | Coppia di cavi di sicurezza per esperimenti, 75 cm    | 1002849   |

I dati tecnici delle apparecchiature sono disponibili su [3bscientific.com](http://3bscientific.com)

2

## BASI GENERALI

L'effetto Pockels consiste nell'effetto elettro-ottico per il quale, in un materiale idoneo, un campo elettrico divide un fascio luminoso in due fasci parziali polarizzati perpendicolarmente l'uno all'altro. Tale capacità di birifrangenza deriva dalla variabilità dell'indice di rifrazione in funzione della direzione di propagazione e polarizzazione della luce. Nel caso dell'effetto Pockels, essa aumenta in maniera lineare con l'intensità del campo elettrico e, nell'esperimento, viene dimostrata su un cristallo di niobato di litio ( $\text{LiNbO}_3$ ) posizionato in un fascio conoscopico.

Il cristallo è situato in una cella di Pockels trasversale nella quale viene applicato un campo elettrico in direzione dell'asse ottico della birifrangenza (v. Fig. 1). Il raggio luminoso che attraversa perpendicolarmente il cristallo si scinde in un fascio parziale ordinario e uno straordinario, cioè un fascio parziale polarizzato in direzione dell'asse ottico della doppia rifrazione e uno polarizzato ad esso perpendicolare. Effettuando la misurazione alla lunghezza d'onda del laser He-Ne  $\lambda = 632,8$  nm, l'indice di rifrazione del fascio parziale ordinario in niobato di litio risulta pari a  $n_o = 2,29$  e quello del fascio straordinario a  $n_e = 2,20$ . Il ritardo ottico tra il fascio ordinario e quello straordinario risulta

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

dove  $d = 20$  mm corrisponde allo spessore del cristallo in direzione del fascio.

Per la dimostrazione della birifrangenza si utilizza un percorso luminoso classico, proposto a tal fine in numerosi libri di testo di ottica. Si illumina il cristallo con un fascio luminoso divergente polarizzato linearmente e si osserva la luce trasmessa dietro un analizzatore ortogonale. L'asse ottico della birifrangenza emerge chiaramente nell'immagine di interferenza, poiché la sua simmetria genera un contrasto evidente. Nell'esperimento, è disposto parallelamente alla superficie di entrata e di uscita, perciò l'immagine di interferenza è formata da due fasci di iperboli ruotati di  $90^\circ$  l'uno rispetto all'altro. L'asse di simmetria del primo fascio di iperboli ha andamento parallelo, quello del secondo è invece perpendicolare all'asse ottico della birifrangenza.

Le frange scure dei fasci di iperboli sono generate da raggi luminosi per i quali la differenza dei percorsi ottici del fascio parziale ordinario e straordinario nel cristallo rappresenta un multiplo intero della lunghezza d'onda. Tali raggi luminosi mantengono dopo il passaggio attraverso il cristallo la propria polarizzazione lineare originaria e vengono eliminati dall'analizzatore.

Il ritardo ottico corrisponde a circa 2800 lunghezze d'onda della luce laser utilizzata. Tuttavia, in generale  $\Delta$  non è esattamente un multiplo intero di  $\lambda$ , bensì si porrà piuttosto tra i due valori  $\Delta_m = m \cdot \lambda$  e  $\Delta_{m+1} = (m+1) \cdot \lambda$ . Alle frange scure del primo fascio di iperboli vanno associati i ritardi ottici  $\Delta_{m+1}, \Delta_{m+2}, \Delta_{m+3}, \dots$ , a quelle del secondo fascio di iperboli i ritardi ottici  $\Delta_m, \Delta_{m-1}, \Delta_{m-2}, \dots$  (v. Fig. 2). La posizione delle frange scure, e più esattamente la loro distanza dal centro, dipende dall'entità della differenza tra  $\Delta$  e  $m \cdot \lambda$ . L'effetto Pockels aumenta o riduce la differenza degli indici di rifrazione principali  $n_o - n_e$  a seconda del segno della tensione applicata. Ciò va a variare la differenza  $\Delta - m \cdot \lambda$  e dunque anche la posizione delle frange di interferenza scure. Andando ad applicare la cosiddetta tensione di semionda  $U_{\pi}$ ,  $\Delta$  varia di una mezza lunghezza d'onda. Le frange di interferenza scure migrano nella posizione delle chiare e viceversa. Il processo si ripete ad ogni ulteriore aumento della tensione del valore  $U_{\pi}$ .

## ANALISI

Ad una tensione  $U_1$ , le frange di interferenza scura di ordine +1 si trovano esattamente al centro, alla tensione successiva  $U_2$  quelle di ordine +2. La tensione di semionda è quindi

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

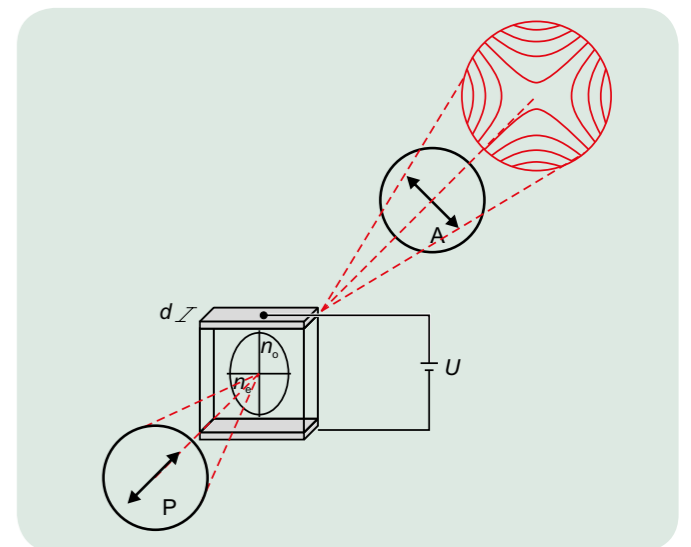


Fig. 1: Rappresentazione schematica della cella di Pockels in un fascio conoscopico fra polarizzatore e analizzatore

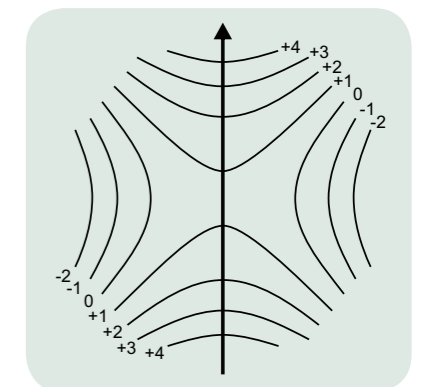


Fig. 2: Figura di interferenza con asse ottico del cristallo nella direzione della freccia. L'indice delle frange di interferenza scure corrisponde al ritardo ottico fra il raggio ordinario e straordinario in unità di lunghezza d'onda.

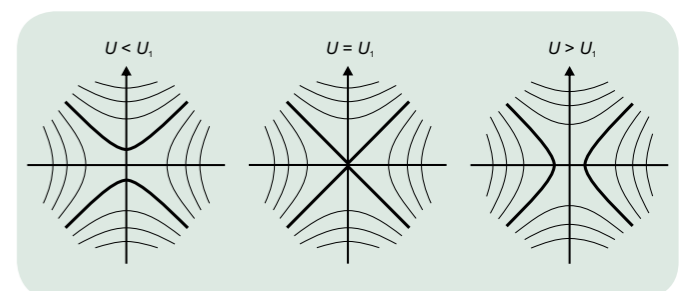


Fig. 3: Variazione della figura di interferenza mediante l'effetto Pockels. Le iperboli in grassetto sono quelle di ordine +1.