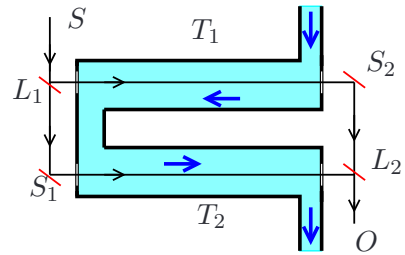


# Tutoraggio di Fisica 3

2025 – Corso A – 6

- 41** Due fasci di luce monocromatica e coerenti, con la stessa lunghezza d'onda (nel vuoto)  $\lambda_0 = 596 \text{ nm}$ , attraversano ciascuno un tubo di lunghezza  $l = 15 \text{ cm}$ ; le estremità dei tubi sono chiuse da lastre trasparenti. Inizialmente in entrambi i tubi c'è il vuoto. I due fasci vengono fatti interferire e si osserva su uno schermo un massimo di intensità in un punto  $P$ . Successivamente, in uno dei due tubi viene lentamente immesso un gas e, contemporaneamente, si osserva in  $P$  l'alternarsi di minimi e di massimi di intensità. Quando il gas nel tubo ha raggiunto la pressione di 1 atm, in  $P$  si sono contati, complessivamente,  $m_0 = 68$  minimi ed ora c'è di nuovo un massimo. Calcolare l'indice di rifrazione del gas a questa pressione.

- 42** La figura mostra un dispositivo ideato per misurare la velocità della luce in un mezzo in movimento. Una sorgente  $S$  emette un fascio di luce monocromatica ( $\lambda_0 = 500 \text{ nm}$ ) che viene diviso in due raggi, di intensità pressoché uguale, dalla lastra semitrasparente  $L_1$ . Il raggio trasmesso dalla lastra viene riflesso dallo specchio  $S_1$ . I due fasci attraversano i tubi  $T_1$  e  $T_2$ , di lunghezza  $L = 1.5 \text{ m}$ , giungendo rispettivamente sullo specchio  $S_2$  e sulla lastra semitrasparente  $L_2$  dove vengono sovrapposti, giungendo all'osservatore  $O$ . I tubi  $T_1$  e  $T_2$  sono collegati fra loro, ed in essi viene fatta scorrere dell'acqua ( $n = 1.333$ ) con velocità  $u = 7 \text{ m/s}$ , come mostrato in figura.



(a) Se vale la legge di composizione delle velocità classica (trasf. di Galileo), la velocità della luce nei due tubi dovrebbe essere  $v'_{1,2} = v \pm u$ , dove  $v = c/n$  è la velocità della luce nel sistema di riferimento dell'acqua. Calcolare la differenza di fase che ci si attende di osservare in  $O$ .

(b) In realtà il valore misurato sperimentalmente (Fizeau, 1851) fu decisamente più piccolo di quello previsto, e risultava compatibile con l'ipotesi che la velocità della luce nell'acqua in movimento non fosse data dalla trasformazione di Galileo ma da

$$v'_{1,2} = v \pm u \left( 1 - \frac{1}{n^2} \right).$$

Calcolare la differenza di fase ottenuta con questa formula.

(c) La spiegazione di questo fenomeno venne con la teoria della Relatività Ristretta di A. Einstein (1905), secondo la quale la corretta regola di composizione delle velocità è:

$$v' = \frac{v \pm u}{1 \pm \frac{vu}{c^2}}.$$

Dimostrare che nel limite  $u \ll c$  si ottiene proprio l'espressione indicata al punto b.

- 43** Un fascio di luce di intensità  $I_0$  è composto di luce polarizzata linearmente e di luce non polarizzata. Osservato attraverso un filtro polarizzatore, la sua intensità varia di un fattore  $F = 5$  a seconda dell'orientazione del filtro. Trovare l'intensità  $I_p$  della componente polarizzata.

- 44** Un fascio di luce ottenuto sovrapponendo due fasci di luce mutuamente incoerenti, uno di luce naturale con intensità  $I$  e l'altro di luce polarizzata linearmente con intensità  $I'$ , viene fatto passare attraverso un polarizzatore ideale.

(a) Calcolare il rapporto  $I/I'$  in funzione del grado di polarizzazione  $P$  del fascio incidente.

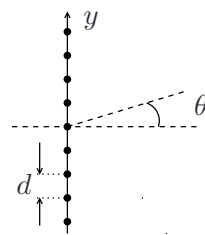
(b) Detta  $I_f$  l'intensità finale che si ottiene orientando il polarizzatore nella posizione intermedia tra quelle corrispondenti all'intensità massima e a quella minima, trovare  $I$  ed  $I'$  in funzione di  $P$  e di  $I_f$ .

- 45**  $N$  sorgenti coerenti uguali emettono onde sferiche con lunghezza d'onda  $\lambda$  e sono poste a una distanza  $d$  l'una dall'altra, allineate lungo l'asse  $y$ . Determinare:

(a) che relazione si deve avere tra  $d$  e  $\lambda$  per ottenere che la figura di interferenza abbia gli unici massimi principali a  $\theta = 0$  e  $\theta = \pi$  nell'ipotesi che le sorgenti emettano in fase;

(b) che sfasamento si dovrebbe avere tra le sorgenti per far sì che tutti i massimi principali cadano sull'asse  $y$  nell'ipotesi  $d = \frac{1}{2}\lambda$ ;

(c) il numero e la posizione angolare dei massimi principali e dei nodi per 3 sorgenti con distanza  $d = 2\lambda$  che emettono in fase. Disegnare il diagramma polare dell'intensità.



**46** Una lamina a quarto d'onda di quarzo ( $n_s = 1.553$ ,  $n_o = 1.544$ ) per luce gialla con  $\lambda = 589.3$  nm, è spessa  $d$ .

(a) Si calcoli  $d$  sapendo che il suo valore è, all'incirca, 1 mm;

(b) Si specifichi l'effetto prodotto da tale lamina su raggi violetti con  $\lambda' = 399.4$  nm.

**47** Un fascio di luce polarizzata linearmente, comprendente tutte le lunghezze d'onda tra  $6.0 \cdot 10^{-7}$  m e  $7.0 \cdot 10^{-7}$  m, incide perpendicolarmente su una lastra di quarzo spessa 0.865 mm, tagliata parallelamente all'asse ottico. Il piano del campo elettrico forma un angolo di  $45^\circ$  rispetto all'asse ottico della lamina. Gli indici di rifrazione del quarzo per la luce al sodio ( $\lambda = 5.893 \cdot 10^{-7}$  m) sono  $n_o = 1.5442$  ed  $n_e = 1.5533$ . Si trascuri la variazione di  $(n_o - n_e)$  con la lunghezza d'onda.

(a) Quali lunghezze d'onda emergeranno dalla lastra polarizzate linearmente?

(b) Quali lunghezze d'onda emergeranno polarizzate circolarmente?

(c) Successivamente il fascio emergente dalla lamina attraversa un analizzatore il cui asse di trasmissione è perpendicolare al piano di vibrazione della luce incidente. Quali lunghezze d'onda mancheranno nel fascio trasmesso dall'analizzatore?

**48** Un fascio di luce piana, parzialmente polarizzata linearmente, viene analizzato con un polarizzatore lineare perfetto. L'intensità massima trasmessa dal polarizzatore,  $I_1 = 64$  W/m<sup>2</sup>, si verifica quando l'asse di trasmissione del polarizzatore è in una certa posizione. Se si ruota il polarizzatore di un angolo  $\alpha = 30^\circ$  rispetto a questa posizione, si misura un'intensità  $I_2 = 57$  W/m<sup>2</sup>. Calcolare l'intensità della componente polarizzata ed il grado di polarizzazione del fascio di luce.

## Risultati

**41.**  $n = 1 + m_0 \lambda_0 / \ell = 1.00027$

**42.** Vedere guida alla soluzione. a)  $\Delta\phi \simeq 2\pi \frac{2L}{\lambda_0} \frac{u}{c} n^2 = 2\pi \cdot 0.25$ ; b)  $\Delta\phi \simeq 2\pi \frac{2L}{\lambda_0} \frac{u}{c} (n^2 - 1) = 2\pi \cdot 0.11$

**43.**  $I_p = \frac{F-1}{F+1} I_0 = \frac{2}{3} I_0$

**44.** (a)  $\frac{I}{I'} = \frac{1}{P} - 1$ ; (b)  $I = 2I_f(1 - P)$ ,  $I' = 2PI_f$

**45.** Vedere guida alla soluzione. (a)  $d < \lambda$ ; (b)  $\phi = \pi$ ; (c) massimi princ.:  $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 90^\circ$ , nodi:  $\theta = 9.59^\circ, 19.5^\circ, 41.8^\circ, 56.4^\circ$ . I massimi e i nodi negli altri quadranti si ottengono per simmetria

**46.** (a)  $d = 0.9985$  mm; (b) lamina a mezz'onda

**47.** (a) polarizz. lineare nel piano iniziale:  $\lambda = 656$  nm, 606 nm; polarizz. lineare ortogonale al piano iniziale:  $\lambda = 684$  nm, 630 nm; (b)  $\lambda = 699.7, 669.9, 643, 617$  nm; (c) mancano  $\lambda = 656$  e 606 nm

**48.** Una luce parzialmente polarizzata si può considerare come la sovrapposizione di due componenti: una non polarizzata e l'altra con polarizzazione lineare

$$I_p = (I_1 - I_2) / \sin^2 \alpha = 28 \text{ W/m}^2, P = \frac{I_1 - I_2}{I_2 - \cos(2\alpha) I_1} = \frac{I_1 - I_2}{I_2 - I_1/2} = 0.28$$