

# Tutoraggio di Fisica 3

2025 – Corso A/B – 7

---

**49** Si può dimostrare che la figura di diffrazione prodotta da un corpo opaco è identica, tranne che nella direzione  $\theta = 0$ , a quella prodotta da un'apertura "complementare" con la stessa forma e dimensione (*principio di Babinet*). Nella fabbricazione di fili sottili si usa talvolta un laser per controllare lo spessore del filo prodotto. Il filo intercetta il fascio laser producendo una figura di diffrazione simile a quella formata da una fenditura singola di apertura pari al diametro del filo. Si supponga che un laser a He-Ne, con lunghezza d'onda di 632.8 nm, illumini il filo e proietti la figura di diffrazione su uno schermo posto a 2.65 m di distanza. Se il diametro richiesto per il filo è di 1.37 mm, quale deve essere la distanza tra i due minimi del decimo ordine osservati sullo schermo?

**50** Un fascio di luce con  $\lambda = 514.5$  nm (Argon) incide normalmente su un reticolo con  $N = 6000$  righe/cm. Calcolare:  
(a) il più elevato ordine di massimo principale;  
(b) la dimensione minima del reticolo per risolvere nel massimo del primo ordine il doppietto  $\lambda_1 = 514.5$  nm,  $\lambda_2 = 514.6$  nm.

**51** Trovare la minima distanza tra due punti sulla Luna che possono essere risolti dal telescopio di 5.08 m di diametro di Monte Palomar, nell'ipotesi che essa sia determinata da effetti di diffrazione. Si consideri una lunghezza d'onda di 565 nm. (distanza Terra-Luna:  $D = 3.82 \cdot 10^5$  km)

**52** Un reticolo è illuminato da luce  $\lambda = 0.59 \mu\text{m}$  a incidenza normale. Si vedono, su uno schermo, 4 massimi di interferenza in corrispondenza di  $\sin \theta = 0, 0.25, 0.50, 0.75$ . Calcolare:  
(a) il passo del reticolo;  
(b) la dispersione massima  $D = \frac{d\theta}{d\lambda}$ ;  
(c) la massima separazione angolare per il doppietto del sodio  $\lambda = 5890, 5896$  Å.

**53** Si consideri un'onda elettromagnetica propagantesi nel vuoto, il cui campo elettrico, per  $x < 0$ , vale

$$\mathbf{E}(x, t) = E_0(\mathbf{u}_y + \mathbf{u}_z) \sin(kx - \omega t)$$

essendo  $\mathbf{u}_y$  e  $\mathbf{u}_z$  i versori degli assi  $y$  e  $z$ , rispettivamente, inoltre  $E_0 = 10^6$  V,  $k = 5.25 \cdot 10^6$  rad/m.

(a) Determinare l'espressione per  $\mathbf{B}(x, t)$ , la frequenza, la lunghezza d'onda, lo stato di polarizzazione e l'intensità; dire inoltre se l'occhio umano è in grado di percepire tale radiazione.

(b) A  $x = 0$  l'onda incide su una lastra di materiale birfrangente uniassico (corindone) con asse ottico parallelo a  $\mathbf{u}_z$ , di spessore  $d$ , i cui indici di rifrazione ordinario e straordinario sono  $n_{\text{ord}} = 1.768$  e  $n_{\text{str}} = 1.760$ . Qual è il minimo spessore per cui la luce uscente risulta essere polarizzata circolarmente?

(c) Trascurando le perdite per riflessione sulla superficie della lastra, determinare il campo  $\mathbf{E}(x, t)$  al suo interno e dopo la lastra.

**54** Un'onda piana polarizzata linearmente con il campo elettrico formante un angolo di  $\theta = 45^\circ$  con l'asse  $y$  contiene tutte le lunghezze d'onda comprese tra  $\lambda_A = 400$  nm e  $\lambda_B = 700$  nm. Essa incide normalmente su una lamina birfrangente, con  $n_{\text{str}} - n_{\text{ord}} = 0.01$  e spessore  $d$ , con l'asse ottico parallelo all'asse  $y$ . Dall'analisi dello stato di polarizzazione dell'onda piana trasmessa dalla lamina si trova che per una serie di lunghezze d'onda  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  l'onda risulta ancora polarizzata linearmente; due lunghezze d'onda consecutive della serie sono 500 nm e 555.55 nm. Calcolare lo spessore  $d$  della lamina, quanti elementi ha la serie  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ , per quante lunghezze d'onda della serie il campo elettrico dell'onda trasmessa è parallelo al campo dell'onda incidente e per quante è perpendicolare.

**55** Un fascio piano di luce bicromatica  $\lambda_1 = 720$  nm e  $\lambda_2 = 576$  nm, di intensità, rispettivamente,  $I_1 = 2$  W/m<sup>2</sup> e  $I_2 = 4$  W/m<sup>2</sup>, si propaga lungo l'asse  $x$  e attraversa una lamina birfrangente ( $n_s = 1.55$ ,  $n_o = 1.54$ ) di spessore  $d = 360 \mu\text{m}$  e con asse ottico parallelo all'asse  $y$ . Il fascio uscente viene

analizzato con un polarimetro e si osserva che se l'asse ottico del polarimetro forma un angolo di  $\frac{\pi}{4}$  rad con l'asse  $y$  si vede solo la componente  $\lambda_1$ , mentre se viene ruotato di  $\frac{\pi}{2}$  rad rispetto a questa direzione si vede solo la componente  $\lambda_2$ . Si determini:

- (a) lo stato di polarizzazione delle componenti luminose prima e dopo la lamina;
- (b) l'intensità del fascio luminoso finale (dopo il polarimetro) in funzione dell'angolo  $\alpha$  che l'asse ottico del polarimetro forma con l'asse  $y$ .

- 56**  $N$  sorgenti di onde sferiche di potenza  $P_0 = 2$  MW sono allineate a distanza  $a = 10$  m l'una dall'altra. Le sorgenti sono identiche, emettono onde e.m. monocromatiche con la stessa frequenza  $\nu = 1.6 \cdot 10^8$  Hz e con sfasamento relativo  $\alpha$  costante (ma variabile a piacere nell'intervallo  $[0, 2\pi]$ ) tra una sorgente e la successiva. Si vuole inviare un segnale ad una stazione ricevente a distanza  $d = 200$  km ed in una direzione che forma un angolo  $\theta = 30^\circ$  con la perpendicolare alla linea delle sorgenti: qual è il minimo (in valore assoluto) sfasamento  $\alpha$  tale che si abbia la massima intensità possibile nella direzione scelta? Supponendo di poter variare il numero di sorgenti  $N$  (spegnendo o accendendo quelle a disposizione, ma in maniera tale che quelle accese siano consecutive) qual è il numero minimo di sorgenti da attivare perché il segnale giunto al ricevitore abbia un'intensità di almeno  $1 \text{ mW/m}^2$  ?

## Risultati

---

49. 24.5 mm
50. (a) 3; (b) 8.6 mm (*Vedere Mazzoldi, Terza Ed., pag. 582 e seg.*)
51. 52 m
52. (a)  $p = 2.36 \mu\text{m}$ ; (b)  $D_{max} = 1.9 \text{ rad}/\mu\text{m}$ ; (c)  $\Delta\theta_{max} = 10^{-3} \text{ rad}$ .
53. (a)  $\mathbf{B}(x, t) = \frac{E_0}{c} \sin(kx - \omega t)(-\mathbf{u}_y + \mathbf{u}_z)$ ,  $\nu = 2.50 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ ,  $\lambda = 1.20 \mu\text{m}$  infrarosso, polarizzazione lineare a  $45^\circ$  rispetto piano  $xy$ ,  $I = 2.65 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2$ ; (b)  $d_{\min} = \frac{\lambda}{4\Delta n} = 37.5 \mu\text{m}$ ; (c)  $\mathbf{E}_{\text{int}}(x, t) = E_0 [\mathbf{u}_y \sin(kn_{\text{ord}}x - \omega t) + \mathbf{u}_z \sin(kn_{\text{str}}x - \omega t)]$ ,  $\mathbf{E}_{\text{usc}}(x, t) = E_0 [\mathbf{u}_y \sin(kx - \omega t + \phi) - \mathbf{u}_z \cos(kx - \omega t + \phi)]$  con  $\phi = kd(n_{\text{ord}} - 1)$
54.  $d = 0.25 \text{ mm}$ ;  $n = 5$ ; il piano non ruota per  $\lambda_1 = 416.7 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 500 \text{ nm}$ ,  $\lambda_5 = 625 \text{ nm}$ ; il piano ruota di  $90^\circ$  per  $\lambda_2 = 454.5 \text{ nm}$ ,  $\lambda_4 = 555.55 \text{ nm}$
55. *Suggerimento: per sapere come era la luce prima della lamina, bisogna capire il suo effetto sulle due componenti luminose...*  
a) prima:  $\lambda_1$  lineare,  $\lambda_2$  circolare o ellittica, dopo: entrambe lineari; b)  $I(\alpha) = (3 - \sin 2\alpha) \text{ W/m}^2$ .
56.  $\alpha = 2.08 \text{ rad}$ ,  $N_{\min} = 16$