

INTERFERENZA DI ONDE ELETTROMAGNETICHE

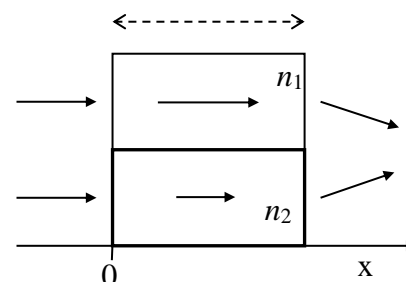
Gc1. Due onde luminose in aria, di lunghezza d'onda 600 nm, sono inizialmente in fase. Si muovono poi attraverso degli strati di plastica trasparente di lunghezza 4 μm, ma indice di rifrazione diverso; la prima onda passa attraverso lo strato con $n_1 = 1.42$, la seconda onda attraverso lo strato con $n_2 = 1.56$.

- a) Qual è la loro differenza di fase, in gradi, radianti e frazione di lunghezza d'onda, all'uscita degli strati di plastica?
 b) Se le onde convergono poi in un punto comune, che tipo di interferenza subiscono?

Soluzione. Le onde sono inizialmente in fase, e quindi rappresentate dalla stessa equazione:

$$y = A \sin(kx - \omega t) = A \sin\left[2\pi\left(\frac{x}{\lambda} - \nu t\right)\right]$$

successivamente si muovono in mezzi di indice di rifrazione diverso, nei quali le onde hanno diversa lunghezza d'onda λ ; all'uscita degli strati plastici, quindi, si ritrovano non più in fase. Consideriamo ad esempio l'istante $t = 0$ s e l'origine dell'asse x all'inizio degli strati; in questo modo entrambe le onde hanno fase $(kx - \omega t) = 0$ all'entrata nei mezzi.



Ricordiamo che la lunghezza d'onda in un mezzo λ_m è inversamente proporzionale all'indice di rifrazione, e quindi si ha che la lunghezza d'onda all'interno dei due mezzi vale:

$$\lambda \cdot 1 = \lambda_m \cdot n \quad \Rightarrow \quad \lambda_1 = \lambda / n_1 = 600 \text{ nm} / 1.42 = 423 \text{ nm}; \quad \lambda_2 = \lambda / n_2 = 385 \text{ nm}$$

La fase dell'onda 1 all'uscita del mezzo di indice di rifrazione n_1 sarà $(k_1 L - \omega t)$, dove

$$k_1 L = \frac{2\pi}{\lambda_1} \cdot L = \frac{6.28 \text{ rad}}{423 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 59.4 \text{ rad}$$

mentre la fase dell'onda 2 all'uscita del mezzo con n_2 è $(k_2 L - \omega t)$, dove:

$$k_2 L = \frac{2\pi}{\lambda_2} \cdot L = \frac{6.28 \text{ rad}}{385 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ m} = 65.3 \text{ rad}$$

- a) La differenza di fase è perciò $\Delta\varphi = (65.3 - 59.4) \text{ rad} = 5.9 \text{ rad} = 338^\circ$ (di poco minore di $2\pi \text{ rad} = 360^\circ$)

Dato che una differenza di fase di $2\pi \text{ rad}$ corrisponde a una lunghezza d'onda, si ottiene in questo caso:

$$\Delta\lambda : \Delta\varphi = \lambda : 2\pi \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} = \frac{5.9}{6.28} = 0.94$$

- b) Dai risultati precedenti si vede che la differenza di fase in radianti è molto vicina a 2π , quindi le due onde quando si incontrano sono praticamente in fase, cioè le ampiezze sono quasi contemporaneamente al loro valore massimo. L'interferenza risultante sarà quindi costruttiva.

Gc2. In un esperimento per lo studio dell'interferenza della luce, due raggi luminosi propagantisi in aria e prodotti dalla stessa sorgente laser di lunghezza d'onda nel vuoto pari a 540 nm, vengono fatti convergere su un punto di uno schermo e si osserva una macchia luminosa. Quando sul percorso di uno dei raggi viene interposto un sottile foglio di plastica trasparente (indice di rifrazione $n = 1.60$) la macchia luminosa scompare completamente. Qual è lo spessore minimo del foglio di plastica?

- (A) 420 nm (B) 314 nm (C) 282 nm (D) 450 nm (E) 3.5 nm

Gc3. Due onde elettromagnetiche di uguale ampiezza A e di frequenza $\nu = 1500 \text{ MHz}$, emesse in fase da due sorgenti, raggiungono un rivelatore posto a uguale distanza dalle sorgenti stesse. Se una

delle due onde attraversa uno strato dielettrico spesso 2 m, con $\epsilon_r = 4$, l'ampiezza misurata dal rivelatore è:

- (A) A (B) 0 (C) **2A** (D) A/2 (E) _____

Gc4. Se una luce con lunghezza d'onda $\lambda = 5(10^{-7})$ m passa attraverso due fenditure distanti 1 mm, che distanza vi sarà tra il massimo centrale e il primo massimo laterale sopra uno schermo ad un metro dalle fenditure?

- (A) **$5(10^{-4})$ m** (B) $5(10^{-10})$ m (C) $2(10^3)$ m (D) $2(10^{-4})$ m (E) $2(10^{-10})$ m

Gc5. Una luce laser con $\lambda = 550$ nm produce sopra uno schermo, posto a due metri di distanza da due fenditure, frange di interferenza luminose separate da 8.3 mm. La luce di un altro laser, passando attraverso le stesse fenditure, produce sul medesimo schermo frange luminose separate da 7.6 mm. La lunghezza d'onda del secondo laser è circa

- (A) 461 nm (B) **504 nm** (C) 550 nm (D) 601 nm (E) 656 nm

Gc6. Una sorgente di luce con lunghezza d'onda in aria pari a circa 589 nm (caratteristica delle luce gialla delle lampade al sodio) illumina due fenditure parallele; sopra uno schermo distante $L = 0.9$ m le frange luminose adiacenti sono distanti $\Delta y = 0.15$ mm. La distanza d tra le due fenditure vale

- (A) 4.3 mm (B) 3.14 mm (C) 7.85 mm (D) 0.098 m (E) **3.5 mm**

Gc7. Nella figura di interferenza prodotta dalle fenditure dell'esercizio precedente, con quale differenza di fase giungono le onde nel punto P dello schermo distante 0.15 mm dal punto centrale?

- (A) 1.81π rad (B) **1.98π rad** (C) 0.91π rad (D) 4.53π rad (E) _____

Gc8. Nel punto P dello schermo dell'esercizio precedente, quanto vale il rapporto fra l'intensità luminosa I_P e l'intensità massima I_{\max} che si ha nel centro della frangia centrale?

- (A) 0.2 (B) 0.68 (C) 0.92 (D) **0.999** (E) _____

Gc9. Due onde piane e polarizzate lungo x si propagano nel vuoto lungo l'asse y . In un punto P i loro campi elettrici sono rappresentati da $E_{x1}(t) = (5\text{V/m})\cos(\omega t)$, $E_{x2}(t) = (8\text{V/m})\cos(\omega t + \varphi)$ con $\omega = 10^{15}$ /s e $\varphi = 90^\circ$. L'intensità della radiazione in P è di

- (A) **118 mW/m^2** (B) 65 mW/m^2 (C) 43 mW/m^2 (D) 26 mW/m^2 (E) 12 mW/m^2

Gc10. In un punto P dello spazio i campi elettrici di due onde piane quasi parallele polarizzate lungo y sono descritti dalle equazioni $E_{1y} = 30 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cos(\omega t)$, $E_{2y} = 40 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cos(\omega t + \varphi)$ con $\varphi = 0^\circ$ e $\omega = 3.14(10^{15}) \text{ s}^{-1}$. L'intensità luminosa in P vale

- (A) 0.13 W/m^2 (B) 1.07 W/m^2 (C) 3.32 W/m^2 (D) 4.91 W/m^2 (E) **6.50 W/m^2**

Gc11. Una figura di diffrazione da singola fenditura si osserva su uno schermo posto alla distanza $L = 1$ m da una fenditura di larghezza $a = 2$ mm illuminata con luce di lunghezza d'onda $\lambda = 500$ nm. La semilarghezza del massimo, cioè la distanza fra la posizione del massimo centrale e il primo minimo, vale

- (A) $1.43 \cdot 10^{-2}$ mm (B) $4.00 \cdot 10^3$ mm (C) **0.25 mm** (D) 0.5 mm (E) _____

Gc12. La distanza tra il primo e il quinto minimo di una figura di diffrazione da singola fenditura è di 0.35 mm e lo schermo dista dalla fenditura 40 cm. Se la lunghezza d'onda della luce incidente è pari a 550 nm, determinare:

- a) la larghezza della fenditura; b) l'angolo di diffrazione relativo al primo minimo.
[a) 2.5 mm; b) $2.2(10^{-4})$ rad]

Gc13. Un fascio di luce laser di lunghezza d'onda $\lambda = 556$ nm incide su una apertura circolare di diametro $d = 1.2$ mm. A quale distanza dall'apertura si deve collocare uno schermo affinché il primo minimo della figura di diffrazione cada alla distanza di 24 mm dal centro della figura?

- (A) 11 m (B) **42 m** (C) 3.5 m (D) 4.3 m (E) _____

Gc14. Determinare quale diametro deve avere un telescopio affinché distingua le due immagini di una stella doppia, separate da una distanza angolare di $3.6(10^{-6})$ rad, se osservate attraverso un filtro che trasmette luce di lunghezza d'onda $\lambda = 460$ nm.

- (A) 15.6 m (B) 12.8 mm (C) **15.6 cm** (D) 15.6 mm (E) _____