

4.2 Interferenza

Esercizio 75

Due fori di Young in aria distano $d = 0.1 \text{ mm}$ e illuminano uno schermo a $L = 20 \text{ cm}$ con luce monocromatica: si osserva che i due max di ordine 10 distano tra loro $\Delta x_{\pm 10} = 24 \text{ mm}$.

Calcolare:

- λ
- Δx delle frange luminose sullo schermo.
- λ' new vuoto perchè la figura di interferenza non cambi rispetto all'aria, se tutto il sistema viene immerso in acqua ($n = 4/3$).

Esercizio 76

Un interferometro di Young ha 3 fori con apertura $a \ll \lambda$ e separate rispettivamente da d , $3/2d$.

Calcolare, ponendo F_0 l'intensità a $\theta = 0$:

- La posizione θ_m del primo massimo;
- l'intensità' del primo massimo rispetto a quello centrale;
- l'intensità' a $\theta_m/2$.

Esercizio 77

Un'onda piana monocromatica $\lambda = 550 \text{ nm}$ incide perpendicolarmente su schermo opaco con due fenditure parallele. La figura di interferenza si forma su uno schermo posto sul piano focale di una lente con potere diottrico $P = 3 \text{ dr}$. Due frange successive distano $D = 5 \text{ mm}$.

Determinare:

- La distanza tra le fenditure;
- la larghezza delle fenditure, osservando che il massimo di ordine 8 non è visibile;
- Davanti ad una fenditura si pone una lamina di spessore uniforme $50 \mu\text{m}$ e le frange si spostano di 20 massimi.
Determinare l'indice di rifrazione del materiale.

Esercizio 78

Una sorgente di luce monocromatica $\lambda = 504 \text{ nm}$ incide perpendicolarmente una lamina cuneiforme, con $n = 1.4$ e apertura $\alpha = 0.1 \text{ rad}$. Si osservano

frange chiare e scure parallele allo spigolo. La lunghezza della lamina è $L = 45 \text{ mm}$.

Calcolare:

- La distanza x dallo spigolo delle prime tre frange scure;
- idem per le chiare;
- La frangia lungo lo spigolo è chiara o scura?
- E quella all'altra estremità del cuneo?
- Il numero totale di frange chiare e scure.

Esercizio 79

Un ricevitore di onde radio è posto sulla riva di un lago ad una altezza $h = 30 \text{ m}$ s.l.l. e riceve segnali ad una $\lambda = 1 \text{ m}$ da una galassia lontana sia direttamente sia per riflessione su lago.

Calcolare:

- Lo sfasamento δ dei due raggi in funzione dell'angolo α (altezza sull'orizzonte);
- Per quale valore di α l'intensità è massima sul rivelatore.

Esercizio 80

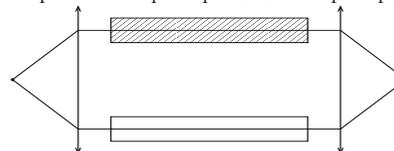
Un film sottile di spessore $d = 300 \text{ nm}$, $n = 1.5$ è illuminato da luce bianca con incidenza normale.

Calcolare la lunghezza d'onda corrispondente alla colorazione dominante del film se osservato:

- in riflessione;
- in trasmissione.

Esercizio 81

L'interferometro in figura è illuminato con luce monocromatica $\lambda = 612.2 \text{ nm}$: il raggi (paralleli) sono fatti passare per tubi di uguale lunghezza $l = 20 \text{ cm}$, inizialmente vuoti e si osservano un sistema di frange. Il tubo superiore viene quindi riempito con un gas e si osserva che la frangia centrale si sposta e occupa la posizione occupata prima dalla 98-esima frangia.



Calcolare:

- l'indice di rifrazione n del gas;
- la minima Δn osservabile.

Esercizio 82

Un film di sapone verticale è illuminato da luce di sodio $\lambda = 589 \text{ nm}$. La parte superiore, osservata in riflessione, è nera, mentre si vedono 5 frange chiare in basso e il centro della 5^a frangia è sul bordo inferiore. L'indice di rifrazione dell'acqua saponata è $n = 1.33$.

- Calcolare lo spessore del bordo inferiore e superiore.

Esercizio 83

Una lente è coperta da un film per ridurre la riflessione. L'indice di rifrazione del film e della lente sono $n_f = 1.2$ e $n_l = 1.4$, rispettivamente. Si consideri luce ad una lunghezza d'onda $\lambda = 5000 \text{ \AA}$.

Calcolare:

- Lo spessore minimo del film per minimizzare l'intensità della luce riflessa.
- Quale dovrebbe essere n_f perchè la riflessione sia la minima assoluta.
- In quest'ultimo caso, la riflessione può essere ridotta a 0?

Esercizio 84

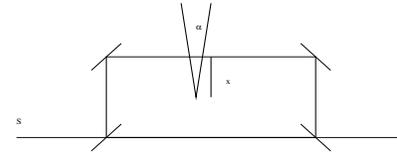
Una sorgente di luce con $\lambda = 400 \text{ nm}$ illumina perpendicolarmente 2 lastre di vetro lunghe $l = 10 \text{ cm}$: le lastre sono a contatto ad un estremo e separata all'altro da un foglio di alluminio di spessore s . Osservo che i bordi sono scuri, e sono visibile 250 frange chiare.

Calcolare:

- Lo spessore s ;
- La precisione sulla misura di s .

Esercizio 85

L'interferometro in figura opera con luce quasi monocromatica $\lambda = 480 \text{ nm}$, $\Delta\lambda = 1 \text{ nm}$. I due specchi inferiori sono semiriflettenti, mentre quelli superiori normali e distano h .



Calcolare:

- Di quanto si deve variare h per osservare due massimi successivi.
- La massima distanza h per avere interferenza.
- Successivamente un cuneo sottile, con $\alpha = 2^\circ$, $n = 1.3$, viene inserito nel cammino ottico superiore (si trascuri la deviazione del raggio stesso).
Si calcoli la variazione di profondità Δx per osservare due minimi successivi.

Esercizio 86

Due antenne radio emettono onde sferiche a frequenza $\nu = 300 \text{ MHz}$ in fase, e distano $p = 30 \text{ m}$. Ad una distanza $d_1 = 1 \text{ km}$, formando un triangolo rettangolo di cateti p e d_1 , c'è un ricevitore.

- Calcolare $\Delta\phi$ delle onde sul ricevitore.
A $d_2 = 2 \text{ km}$ dall'antenna più vicina, su prolungamento del cateto d_1 c'è un secondo ricevitore.
Calcolare:
- Il rapporto tra le intensità I_1/I_2 ;
- Supponendo di mettere il tutto in un mezzo, quale deve essere la costante dielettrica ϵ_r , per rendere nullo il segnale sul primo rivelatore.

Esercizio 87

Un'onda piana monocromatica $\lambda = 550 \text{ nm}$ incide perpendicolarmente su schermo opaco con due fenditure parallele. La figura di interferenza si forma su uno schermo posto sul piano focale di una lente con potere diottrico $P = 3 \text{ dr}$. Due frange successive distano $D = 5 \text{ mm}$.

Determinare:

- La distanza tra le fenditure;
- la larghezza delle fenditure, osservando che il massimo di ordine 8 non è visibile;
- Davanti ad una fenditura si pone una lamina di spessore uniforme $50 \text{ }\mu\text{m}$ e le frange si spostano di 20 massimi.

Determinare l'indice di rifrazione del materiale.

Soluzione esercizio 75

- a. $\Delta x_{\pm 10} = 20L \frac{\lambda}{d}$ $\lambda = \frac{d}{20L} \Delta x_{\pm 10} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ m}$
 b. $\Delta x = \frac{\lambda L}{d} = 1.2 \text{ mm}$
 c. $\Delta x' = \frac{\lambda' L}{nd} = \frac{\lambda L}{d} = \Delta x$
 $\lambda' = n\lambda = 798 \text{ nm}$

Soluzione esercizio 76

- a. Risolvo se $E(\theta) = E + Ee^{i\delta} + Ee^{i\frac{5}{2}\delta}$ $\delta = \frac{2\pi d}{\lambda} \sin \theta$
 $I \propto |E|^2 = E^2(3 + 2(\cos \delta + \cos \frac{3}{2}\delta + \cos \frac{5}{2}\delta))$
 massimo per $\delta = 4\pi$ $\theta_1 = \frac{2\lambda}{d}$
 b. $I(\frac{\theta_1}{2}) = I(0)/9$

Soluzione esercizio 77

- a. $\Delta z = f\Delta\theta = f\lambda/d$ quindi $d = f\lambda/\Delta z = 3.7 \text{ mm}$
 b. Minimo di diffrazione coincide con massimo di interferenza di ordine 8. $\frac{\lambda}{L} = 8 \frac{\lambda}{d}$, quindi $L = d/8 = 34 \mu\text{m}$.
 c. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}(n-1)h = 20 \cdot 2\pi$, quindi $n = 1 + 20 \frac{\lambda}{h} = 1.22$.

Soluzione esercizio 78

- a. $\Delta\phi = \frac{2\pi n}{\lambda} 2x\alpha + \pi$
 Frange chiare se $\Delta\phi = 2k\pi$: $x = \frac{(2k+1)\lambda}{4\alpha n} = 0.9, 2.7, 4.5 \text{ mm}$
 b. Frange scure se $\Delta\phi = (2k+1)\pi$: $x = \frac{k\lambda}{2\alpha n} = 0., 1.8, 3.6 \text{ mm}$
 c. La frangia è scura
 d. La frangia è scura $L/\text{passo} = 25$
 e. Si vedono 26 scure e 25 frange chiare.

Soluzione esercizio 79

- a. $\Delta\phi = -\frac{4\pi}{\lambda} h \sin \alpha + \pi$
 b. $\sin \alpha_{max} = \frac{\lambda}{4h} = 0.48^\circ$

Soluzione esercizio 80

- a. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} n(2d) + \pi$ $\lambda_{max} = \frac{4nd}{2k+1}$ nel range ottico solo $\lambda = 600 \text{ nm}$

- b. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}n(2d)$ $\lambda_{max} = \frac{2nd}{k}$ nel range ottico solo $\lambda = 450 \text{ nm}$
Tuttavia, il coefficiente di riflessione è pari a $R = 4\%$ (e quello di trasmissione $T = 96\%$), quindi il raggio che viene riflesso internamente due volte risulta avere una intensità di circa 0.15% rispetto a quello trasmesso. La differenza di intensità è tale da non produrre (quasi) nessuna interferenza, quindi la luce trasmessa risulterà bianca come quella incidente. Nel caso di riflessione, entrambi i raggi vengono riflessi una volta, quindi hanno una intensità simile e pertanto si osserva l'interferenza.

Soluzione esercizio 81

- a. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}l(n-1) = N2\pi$ $n = 1 + N\lambda/l = 1 + 3 \cdot 10^{-4}$
b. $\frac{2\pi}{\lambda}l(n_1 - n_2) = \pi$ $\Delta n = \frac{\lambda}{2l} = 1.53 \cdot 10^{-6}$

Soluzione esercizio 82

- a. Nella parte superiore lo spessore non contribuisce allo sfasamento della luce diretta e riflessa: $d < \lambda/2$
Per la parte inferiore: $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}2dn + \pi = 2k\pi$ $k = 5$ $d = \frac{9\lambda}{4n} = 9.96 \cdot 10^2 \text{ nm} = 1.0 \mu\text{m}$

Soluzione esercizio 83

- a. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}2dn = \pi$ $d = \frac{\lambda}{4n_1} = 0.104 \mu\text{m}$
b. $R_1 = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}\right)^2 = 0.826$ $R_2 = 5.9 \cdot 10^{-3}$
Riflessione minima per $n_1 = \sqrt{n_0 n_2} = 1.18$
c. Riflessione non è nulla perchè non tutta la luce viene riflessa dalla seconda interfaccia, ma in parte ($R - 1$) viene trasmessa.

Soluzione esercizio 84

- a. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}2\frac{xs}{l} + \pi$ Scuro per $x = 0$ ($k = 0$) e $x = l$ ($k = 250$)
 $s = \frac{k\lambda}{2} = 50 \mu\text{m}$
b. $\frac{\Delta s}{s} = \frac{\Delta k}{k} = 1/250 = 4 \cdot 10^{-3}$
 $s = 50 \pm 0.2 \mu\text{m}$

Soluzione esercizio 85

- a. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}2h$ $\Delta h = \frac{\lambda}{2} = 240 \text{ nm}$

- b. Tempo di coerenza della luce $\Delta t \Delta\omega \approx 1$ $\Delta t = \frac{2\pi\lambda}{\omega\Delta\lambda}$ $2h < \Delta x = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} = 0.115 \text{ mm}$
c. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda}d\alpha(n-1) = 2\pi$ $\Delta d = \frac{\lambda}{\alpha(n-1)} = 45.7 \mu\text{m}$

Soluzione esercizio 86

- a. $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{p^2}{2d_1} = 2.83 \text{ rad}$
b. $\Delta\phi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} \frac{p^2}{2d_2} = 81^\circ$ $R = \frac{(1+\cos\Delta\phi_1)d_2^2}{(1+\cos\Delta\phi_2)d_1^2} = 0.17$
c. $\lambda' = \lambda/n = \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}}$
 $\epsilon_r = (\lambda/\lambda')^2 = 1.23$

Soluzione esercizio 87