

FUNZIONI

- Analisi della diffrazione da doppie fenditure con fenditure a distanze diverse.
- Analisi della diffrazione da doppie fenditure con fenditure di larghezza diversa.
- Analisi della diffrazione da fenditure multiple con numero diverso di fenditure.
- Analisi della diffrazione da reticolo inciso e da reticolo a croce.

SCOPO

Dimostrazione della natura ondulatoria della luce e determinazione della lunghezza d'onda

RIASSUNTO

È possibile descrivere la diffrazione della luce da fenditure multiple e reticoli mediante la sovrapposizione di onde elementari coerenti che, secondo il principio di Huygens, si propagano da ogni punto illuminato di una fenditura multipla. L'interferenza di onde elementari spiega il sistema di frange chiare e scure osservato dietro la fenditura multipla. A partire dalla distanza tra due frange chiare e conoscendo la distanza tra le fenditure nonché la distanza dallo schermo di osservazione, è possibile calcolare la lunghezza d'onda della luce.

APPARECCHI NECESSARI

Numero	Apparecchio	Cat. n°
1	Diode laser, rosso	1003201
1	Banco ottico K, 1000 mm	1009696
2	Cavaliere ottico K	1000862
1	Supporto di fissaggio K	1008518
1	Supporto K per diode laser	1000868
1	Diaframma con 3 doppie fenditure di larghezza diversa	1000596
1	Diaframma con 4 doppie fenditure a distanze diverse	1000597
1	Diaframma con 4 fenditure multiple e reticolo	1000598
1	Diaframma con 3 reticoli incisi	1000599
1	Diaframma con 2 reticoli a croce	1000601

BASI GENERALI

È possibile descrivere la diffrazione della luce da fenditure multiple e reticoli mediante la sovrapposizione di onde elementari coerenti che, secondo il principio di Huygens, si propagano da ogni punto illuminato di una fenditura multipla. La sovrapposizione in determinate direzioni porta a un'interferenza costruttiva o distruttiva e spiega pertanto il sistema di frange chiare e scure osservato dietro la fenditura multipla.

Dietro la fenditura doppia, da un angolo di osservazione α_n l'intensità è massima se per ogni onda elementare dalla prima fenditura vi è esattamente un'onda elementare dalla seconda fenditura che si sovrappone in modo costruttivo. Tale condizione è soddisfatta se il ritardo ottico Δs_n tra le onde ele-

mentari provenienti dal centro delle fenditure corrisponde ad un multiplo intero della lunghezza d'onda λ della luce (vedere la Fig. 1).

$$(1) \quad \Delta s_n(\alpha_n) = n \cdot \lambda$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$: Ordine di diffrazione

Ad una grande distanza L dalla doppia fenditura, per piccoli angoli di osservazione α_n tra il ritardo ottico Δs_n e la coordinata di spazio x_n dei massimi di intensità vale la relazione

$$(2) \quad \frac{\Delta s_n}{d} = \sin \alpha_n \approx \tan \alpha_n = \frac{x_n}{L}$$

d : Distanza tra fenditure

Pertanto i massimi si trovano ad un intervallo regolare. l'uno accanto all'altro.

$$(3) \quad a = x_{n+1} - x_n = \frac{\lambda}{d} \cdot L$$

Questo vale anche per la diffrazione da una fenditura multipla con più di 2 fenditure equidistanti. L'equazione (1) indica la condizione di interferenza costruttiva delle onde elementari da tutte le fenditure N . È quindi possibile ricorrere alle equazioni (2) e (3) anche per le fenditure multiple.

La determinazione dei minimi di intensità è invece matematicamente più complessa: Mentre per una doppia fenditura tra due massimi di intensità si trova esattamente un minimo di intensità, nel caso di una fenditura multipla tra l' n -esimo e l' $(n+1)$ -esimo massimo si trova un minimo, se le onde elementari dalle fenditure N interferiscono in modo tale che l'intensità totale si azzeri. Questo avviene quando il ritardo ottico tra le onde elementari provenienti dal centro delle fenditure soddisfa la condizione.

$$(4) \quad \Delta s = n \cdot \lambda + m \frac{\lambda}{N}$$

$n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, m = 1, \dots, N - 1$

Si trovano quindi i minimi $N-1$ e tra questi i cosiddetti massimi secondari $N-2$, la cui intensità è inferiore a quella dei cosiddetti massimi principali. All'aumentare del numero N delle fenditure scompare il contributo dei massimi secondari. Non si parla più di fenditura multipla bensì di reticolo inciso. Un reticolo a croce infine può essere inteso come una disposizione di due reticoli incisi contrapposti di 90° l'uno all'altro. I massimi di diffrazione diventano punti di una rete rettangolare in cui l'ampiezza delle maglie è data da (3). La luminosità nei massimi principali è modulata dalla distribuzione della luminosità a partire dalla diffrazione sulla fenditura singola ed è concentrata in modo tanto più intenso su piccoli angoli α quanto maggiore è la larghezza della fenditura b . Per un calcolo preciso si sommano le ampiezze di tutte le onde elementari, tenendo conto dei ritardi ottici, a formare l'ampiezza totale A . In un qualsiasi punto x dello schermo si ha quindi

$$(5) \quad I = A^2 \propto \left(\frac{\sin\left(\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\frac{\pi \cdot b \cdot x}{\lambda \cdot L}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sin\left(N \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)}{\sin\left(\frac{\pi \cdot d \cdot x}{\lambda \cdot L}\right)} \right)^2$$

ANALISI

È possibile determinare la lunghezza d'onda della luce diffratta a partire dalla distanza a dei massimi principali. Vale:

$$\lambda = d \cdot \frac{a}{L}$$

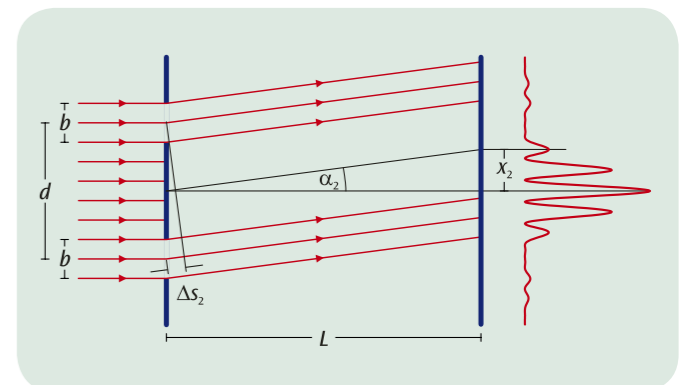


Fig. 1: Rappresentazione schematica della diffrazione della luce su una fenditura doppia

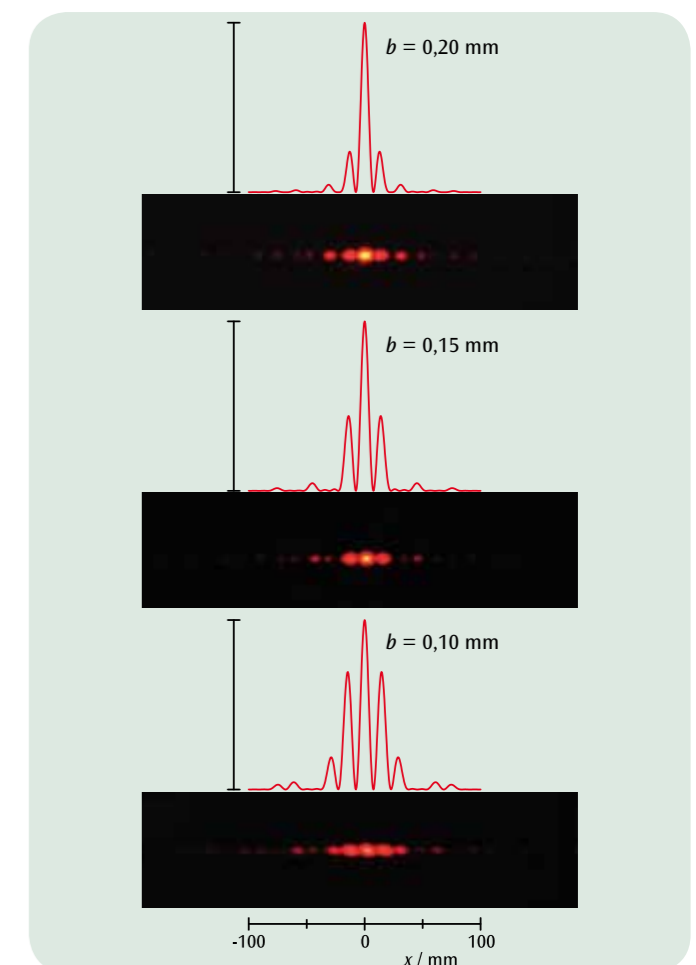


Fig. 2: Intensità calcolata e osservata nella diffrazione da doppie fenditure con distanze diverse tra fenditure