

## Biprisma di Fresnel

### CREAZIONE DI UN'INTERFERENZA FRA DUE RAGGI CON UN BIPRISMA FRESNEL.

- Utilizzo di un biprisma di Fresnel per la creazione di due sorgenti luminose coerenti virtuali da una sorgente luminosa puntiforme.
- Osservazione dell'interferenza tra due raggi di entrambe le sorgenti luminose virtuali.
- Determinazione della lunghezza d'onda di una luce laser elio-neon dalla distanza delle frange di interferenza.

UE4030300

10/15 MEC/UD



Fig. 1: Disposizione per la misurazione.

### BASI GENERALI

In un dei suoi esperimenti sull'interferenza *August Jean Fresnel* ha utilizzato un biprisma per la creazione di un'interferenza fra due raggi. Ha scomposto un fascio di luce divergente tramite una rifrazione sul biprisma in due fasci parziali che sembrano provenire da due sorgenti luminose coerenti e pertanto interferiscono l'uno con l'altro. Su uno schermo di osservazione ha potuto osservare una serie di massimi di intensità a distanza costante.

La generazione di un massimo di intensità dipende dal ritardo ottico  $\Delta$  fra i percorsi ottici dei fasci parziali. In presenza di una grande distanza  $L$  fra la sorgente luminosa e lo schermo di osservazione si ha in buona approssimazione

$$(1) \quad \Delta = A \cdot \frac{x}{L} .$$

dove  $x$  è la coordinata del punto osservato sullo schermo perpendicolare all'asse di simmetria e  $A$  la distanza ancora da calcolare delle due sorgenti luminose virtuali. I massimi di intensità si manifestano esattamente quando il ritardo ottico coincide con un multiplo della lunghezza d'onda  $\lambda$ :

$$(2) \quad \Delta_n = n \cdot \lambda , \text{ mit } n = 0, 1, 2, \dots$$

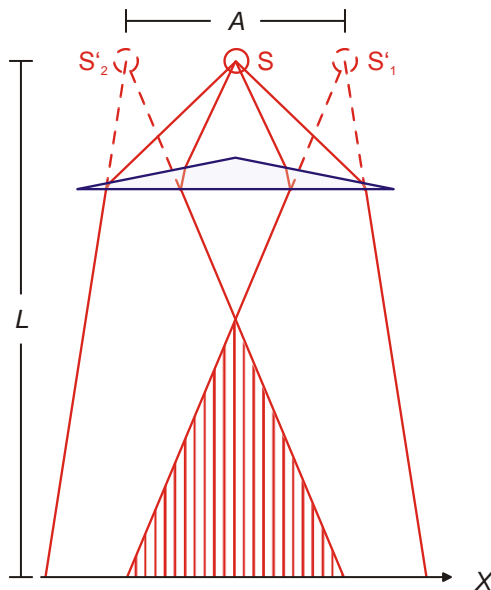


Fig. 2: Rappresentazione schematica del percorso del raggio sul biprisma.

Un confronto tra (1) e (2) mostra che i massimi di intensità si trovano sulle coordinate

$$(3) \quad x_n = n \cdot D$$

e presentano la distanza costante  $D$ . Si applica inoltre la correlazione

$$(4) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L}$$

L'equazione (4) può essere considerata come equazione condizionale per la lunghezza d'onda  $\lambda$  della luce utilizzata. Si applica in linea di massima per l'interferenza fra due raggi.

Tuttavia è ancora da dimostrare come misurare la distanza  $A$  tra le sorgenti luminose virtuali. In questo caso è utile un semplice schema ottico in cui vengono rappresentate entrambe le sorgenti luminose con l'ausilio di una lente colletttrice sullo schermo di osservazione e viene misurata la distanza  $B$  delle immagini di queste sorgenti luminose (vedere Fig. 3). Vale:

$$(5) \quad A = B \cdot \frac{a}{b}$$

$a$ : distanza dell'oggetto,  $b$ : distanza focale.

## ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Biprisma di Fresnel	U14053	1008652
1	Piano per prisma su asta	U17020	1003019
1	Laser elio-neon	U21840	1003165
1	Obiettivo acromatico 10x / 0,25	W30614	1005408
1	Lente convergente $f = 200$ mm	U17104	1003025
3	Cavaliere ottico D, 90/50	U103111	1002635
1	Banco ottico D, 50 cm	U10302	1002630
1	Schermo di proiezione	U17130	1000608
1	Piede a barilotto, 1000 g	U13265	1002834

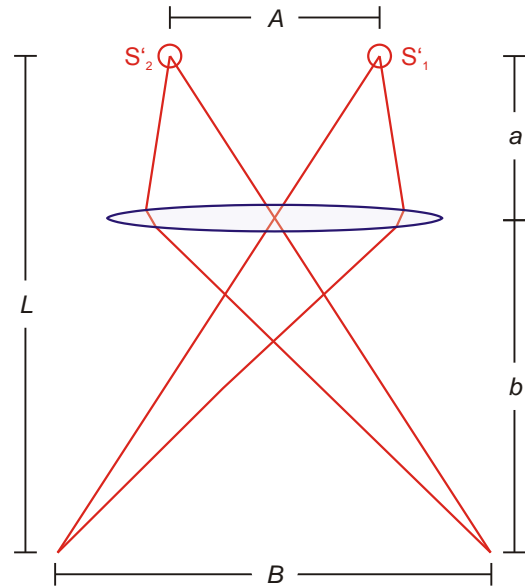


Fig. 3 Percorso del raggio per la rappresentazione di entrambe le sorgenti luminose virtuali sullo schermo.

1 Metro a nastro tascabile, 2 m U10073 1002603

### Dotazione supplementare necessaria:

- 1 Foglio di carta millimetrata ca. 20 x 30 cm<sup>2</sup>
- 1 Matita

## NORME DI SICUREZZA

Il laser elio-neon U21840 (1003165) emette radiazioni visibili con una lunghezza d'onda di 630-680 nm ad una potenza di uscita max. inferiore a 1 mW ed è conforme quindi alle disposizioni relative alla classe 2 della norma DIN EN 60825-1 "Sicurezza degli apparecchi laser". Ovvero la protezione dell'occhio umano è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa, compreso il riflesso palpebrale.

- Non guardare il raggio laser direttamente o riflesso.
- Fare azionare il laser solo a persone autorizzate e addestrate.
- Interrogare tutte le persone che partecipano e osservano l'esperimento riguardo ai pericoli delle radiazioni laser e alle misure di sicurezza necessarie.
- Eseguire gli esperimenti utilizzando solo la potenza di radiazione minima necessaria.
- Orientare il percorso dei raggi in modo che non passi all'altezza degli occhi.
- Limitare al minimo necessario l'area di impiego del laser mediante una schermatura e riflessi indesiderati.
- Applicare etichette di avvertimento nelle stanze in cui vengono effettuati gli esperimenti con luce laser.
- Osservare le norme sulla prevenzione degli infortuni BGV B2 "Radiazione laser" ed eventuali ordinamenti del ministro della pubblica istruzione, per quanto riguarda la Germania, e le direttive vigenti corrispondenti negli altri paesi.

- Conservare con cura le chiavi ed evitare che possano essere utilizzate da persone non autorizzate.

Un utilizzo conforme garantisce il funzionamento sicuro del laser elio-neon. La sicurezza non è tuttavia garantita se il laser elio-neon non viene utilizzato in modo appropriato o non viene trattato con cura. Se si ritiene che non sia più possibile un funzionamento privo di pericoli (ad es. in caso di danni visibili), il laser elio-neon deve essere messo immediatamente fuori servizio.

- Prima della messa in funzione controllare che l'alloggiamento non presenti danni. In caso di anomalie nel funzionamento o di danni visibili mettere il laser elio-neon fuori servizio e al sicuro da ogni funzionamento accidentale.
- Non aprire mai l'alloggiamento a causa della tensione di esercizio e di innesco presente all'interno dell'apparecchio, la quale in alcune circostanze può risultare mortale.

**MONTAGGIO**

- Realizzare la struttura come da Fig. 4 dapprima senza la lente convergente  $f = 200$ .
- Collocare lo schermo a una distanza  $> 4$  m dietro il banco ottico e fissare il foglio di carta millimetrata allo schermo.
- Per ampliare il raggio laser, avvitare l'obiettivo acromatico sull'apertura di emissione delle radiazioni.
- Posizionare il biprisma al centro del piano per prisma e fissare con la molla di serraggio.

**Nota:**

Il biprisma è realizzato in vetro fragile. Maneggiare con cautela!

- Regolare il laser di modo che il relativo raggio cada esattamente al centro del biprisma e si possano osservare sullo schermo frange di interferenza.

- Se necessario, affinare la regolazione del laser ruotando leggermente verso destra o sinistra facendo sì che il modello di interferenza del massimo di intensità centrale compaia sullo schermo in modo simmetrico.

**ESECUZIONE**

**Osservazione dell'interferenza**

- Spostando il piano del prisma lungo l'asse ottico ridurre e aumentare la distanza dell'oggetto e osservare le frange di interferenza sullo schermo.
- Scegliere una distanza dell'oggetto tale per cui a destra e a sinistra del massimo di intensità centrale siano ben riconoscibili almeno rispettivamente cinque frange di interferenza. Non modificare più la posizione del piano del prisma.

**Distanza dei minimi di intensità**

**Nota:**

Per via del contrasto chiaro-scuro è più facile rilevare la distanza dei minimi di intensità anziché dei massimi.

- Con una matita, segnare sul foglio di carta millimetrata le posizioni  $x_{n+1/2}$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) di intensità luminosa minima del modello di interferenza fino al 5° ordine (Fig. 5).
- Misurare le distanze  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  tra due minimi adiacenti.
- Determinare la distanza  $D$  calcolando la media aritmetica dalle distanze  $D_n$ .

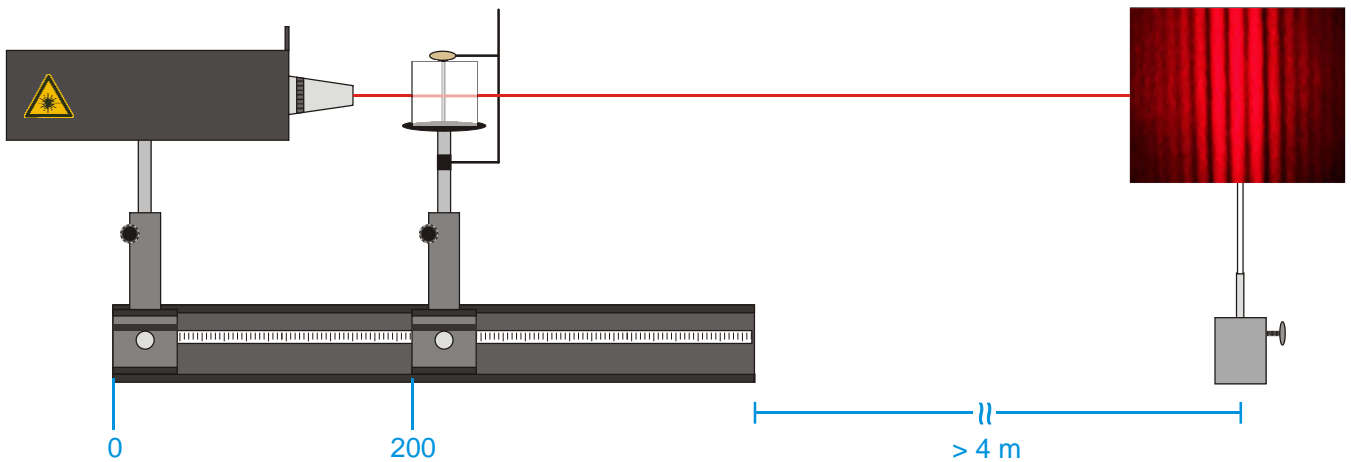


Fig. 4: Rappresentazione della disposizione per la misurazione.

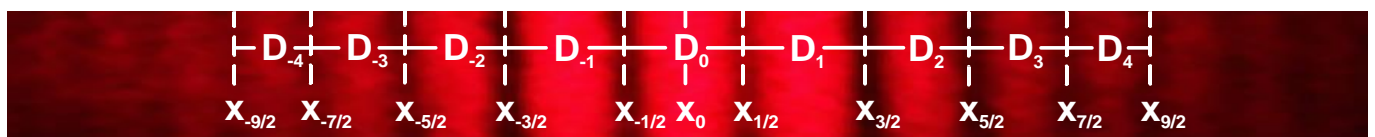


Fig. 5: Posizioni  $x_{n+1/2}$  di intensità luminosa minima del modello di interferenza e distanze  $D_n = x_{n+1/2} - x_{n-1/2}$  tra due minimi adiacenti.

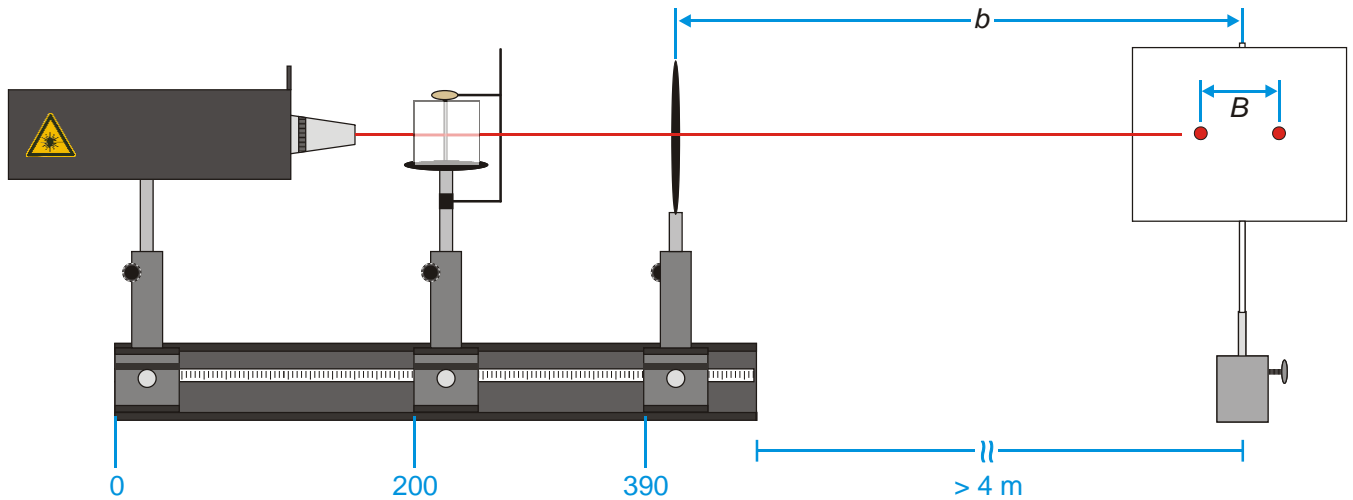


Fig. 6: Struttura con lente convergente per la determinazione della distanza  $A$  delle due sorgenti luminose virtuali dalla distanza  $B$  delle immagini delle due sorgenti luminose virtuali e della distanza dell'immagine  $b$  (v. Fig. 3).

**Distanza delle immagini delle due sorgenti luminose virtuali**

- Posizionare la lente convergente  $f = 200$  mm sulla tacca dei 390 mm del banco ottico (v. Fig. 6).
- Spostare la lente fino a quando sullo schermo non si individuano due punti luminosi chiari.

**Nota:**

I punti luminosi chiari sono le immagini delle due sorgenti luminose virtuali. Per una migliore osservazione, attenuare eventualmente la potenza del raggio laser.

- Con una matita, contrassegnare sullo schermo le immagini delle due sorgenti luminose.
- Misurare la distanza  $B$  fra le immagini delle due sorgenti luminose virtuali e la distanza dell'immagine  $b$ .

**ESEMPIO DI MISURAZIONE**

Distanza dei minimi di intensità $D$ , media:	8,1 mm
Distanza delle immagini delle due sorgenti luminose virtuali $B$ :	7,7 mm
Distanza dell'immagine $b$ :	4480 mm
Distanza focale della lente convergente $f$ :	200 mm

**ANALISI**

Il modello di interferenza sullo schermo è formato da frange di interferenza verticali. La distanza relativa  $D$  tra le frange di interferenza diminuisce quando la distanza del biprisma dal laser aumenta, poiché in questo modo la distanza  $A$  fra le due sorgenti luminose virtuali cresce.

La posizione del laser (della sorgente luminosa) e dunque anche la distanza dell'oggetto  $a$  non sono note con precisione. Essa dovrà pertanto essere determinata con l'ausilio della legge di rappresentazione a partire dalla distanza focale  $f$  della lente convergente e dalla distanza dell'immagine misurata  $b$ :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow$$

$$(6) \quad a = \frac{f \cdot b}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 4480 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 209 \text{ mm}$$

Inserendo  $a$  dall'equazione (6) nell'equazione (5) si ha:

$$(7) \quad A = a \cdot \frac{B}{b} = \frac{f \cdot B}{b - f} = \frac{200 \text{ mm} \cdot 7,7 \text{ mm}}{4480 \text{ mm} - 200 \text{ mm}} = 0,36 \text{ mm}.$$

La distanza fra la sorgente luminosa e il piano di osservazione  $L$  si ricava da  $a$  e  $b$ :

$$(8) \quad L = a + b = 209 \text{ mm} + 4480 \text{ mm} = 4689 \text{ mm}.$$

Per la lunghezza d'onda  $\lambda$  segue infine dall'equazione (4):

$$(9) \quad \lambda = A \cdot \frac{D}{L} = 0,36 \text{ mm} \cdot \frac{8,1 \text{ mm}}{4689 \text{ mm}} = 622 \text{ nm}$$

Il valore della lunghezza d'onda determinato con la misurazione coincide fino al 2% circa con il valore di letteratura  $\lambda = 632,8$  nm per il laser elio-neon.