

Esperienza di ottica

Diffrazione

Arianna Genuardi, Matteo Romano, Vittorio Strano, Florinda Tesi

Indice

1	Introduzione	1
2	Strumentazione	2
2.1	Software	2
3	Procedimento	2
4	Risultati	2
4.1	Fenditura $a = 0.02$ mm	3
4.2	Fenditura $a = 0.04$ mm	3
4.3	Fenditura $a = 0.08$ mm	3
5	Conclusioni	3
A	Approssimazione angolo θ	3

1 Introduzione

Questo esperimento vuole rilevare il carattere ondulatorio della luce tramite il fenomeno della **diffrazione**, causata dal passaggio del fascio di luce per una fenditura di dimensioni a comparabili alla sua lunghezza d'onda λ . Per far ciò verrà analizzata la figura d'interferenza formata su uno schermo a distanza L dalla fenditura (Figura 1).

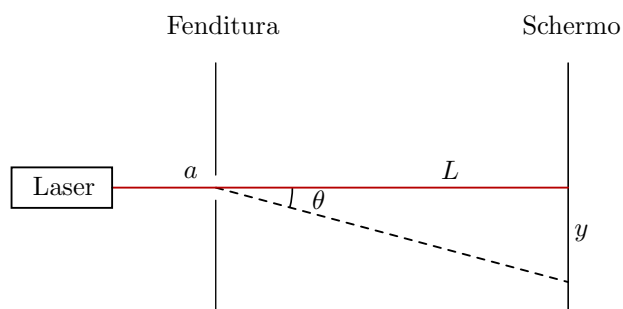


Figura 1: Illustrazione dell'apparato strumentale

La legge che descrive l'intensità della luce su un punto dello schermo a distanza y dal centro è l'Equazione 1 come ricavato in Appendice A.

$$I(y) = I_0 \operatorname{sinc}^2 \left(\frac{\pi a}{\lambda} \cdot \frac{y}{L} \right) \quad (1)$$

Per trovare i punti di minimo basta porre $\frac{ay}{\lambda L} \in \mathbb{Z} \setminus \{0\}$ ovvero

$$y \in \left\{ m \frac{\lambda L}{a} : m \in \mathbb{Z} \setminus \{0\} \right\} \quad (2)$$

2 Strumentazione

- **Laser** con lunghezza d'onda $\lambda = 650 \text{ nm}$
- **Fenditura** di larghezza variabile da 0.02, 0.04 e 0.08 mm con errore di $\pm 0.005 \text{ mm}$
- **Guida con riga** di lunghezza pari a 1.2 m e risoluzione 1 mm, su cui montare i vari strumenti
- **Schermo** utile per centrare il laser orizzontalmente
- **Light sensor** in grado di campionare l'intensità luminosa con tre diverse scale e dotato di fenditura variabile 0.5, 1 e 1.5 mm
- **Rotary motion sensor** capace di misurare la rotazione relativa al punto di avvio della misurazione con una risoluzione di 0.09° . Il fattore di conversione lineare utilizzando la guida dentata, indicato nel manuale, è circa 0.0126 m/rad
- **Guida dentata** lunga 21 cm su cui è montato il sensore di rotazione
- **Interfaccia** per collegare il sensore ad un computer

2.1 Software

- Pasco Capstone per controllare l'interfaccia

3 Procedimento

Il laser è stato collocato allo zero del supporto ottico. All'altra estremità, in posizione 102.5 cm, sono presenti i due sensori di luminosità e movimento solidali tra loro e collegati ad un computer tramite l'interfaccia, che servirà a registrare i dati.

Sono state spente le luci della stanza e tramite le manopole poste dietro al laser il puntatore è stato allineato orizzontalmente al centro dello schermo posto di fronte ad esso. Una volta rimosso lo schermo, il laser è stato allineato verticalmente al centro dell'apertura del detector per evitare l'interazione con il bordo di quest'ultima.

Successivamente è stata inserita la fenditura, regolata a 0.02 mm, in posizione 4 cm ottenendo così una distanza fenditura-detector pari a $L = 98.5 \text{ cm}$

Dopo aver selezionato l'apertura del detector di 1.5 mm e aver impostato la giusta sensibilità, dal computer sono state avviate le misurazioni; successivamente i sensori sono stati spostati da un estremo all'altro della guida dentata in modo da registrare l'intensità luminosa nei vari punti.

Con l'apertura del detector a 1.5 mm sono stati effettuati più set per ciascuna fenditura in modo da verificare la ripetibilità dei dati raccolti. Successivamente è stato raccolto un set di dati per ogni combinazione di fenditura e apertura del detector per analizzare l'effetto delle variabili al contorno.

4 Risultati

Avendo preso le misure a partire da un'estremità della guida dentata la curva non ha il picco centrato in $y = 0$, quindi si è proceduto con il traslare le misure. L'errore attribuito a questa operazione è di 1 mm.

A partire dai dati raccolti con apertura del sensore pari a 1.5 mm è stata stimata la dimensione della fenditura utilizzando due metodi

1. La posizione dei minimi ricavata graficamente che permette di ottenere la dimensione della fenditura utilizzando l'Equazione 2
2. Il fit tramite l'Equazione 3, in cui è stato inserito un parametro c che permette di traslare la curva verticalmente in modo da tenere in considerazione la presenza di rumore.

$$I(I_0, a, c) = I_0 \operatorname{sinc}^2 \left(\frac{\pi a}{\lambda} \cdot \frac{y}{L} \right) + c \quad (3)$$

4.1 Fenditura $a = 0.02$ mm

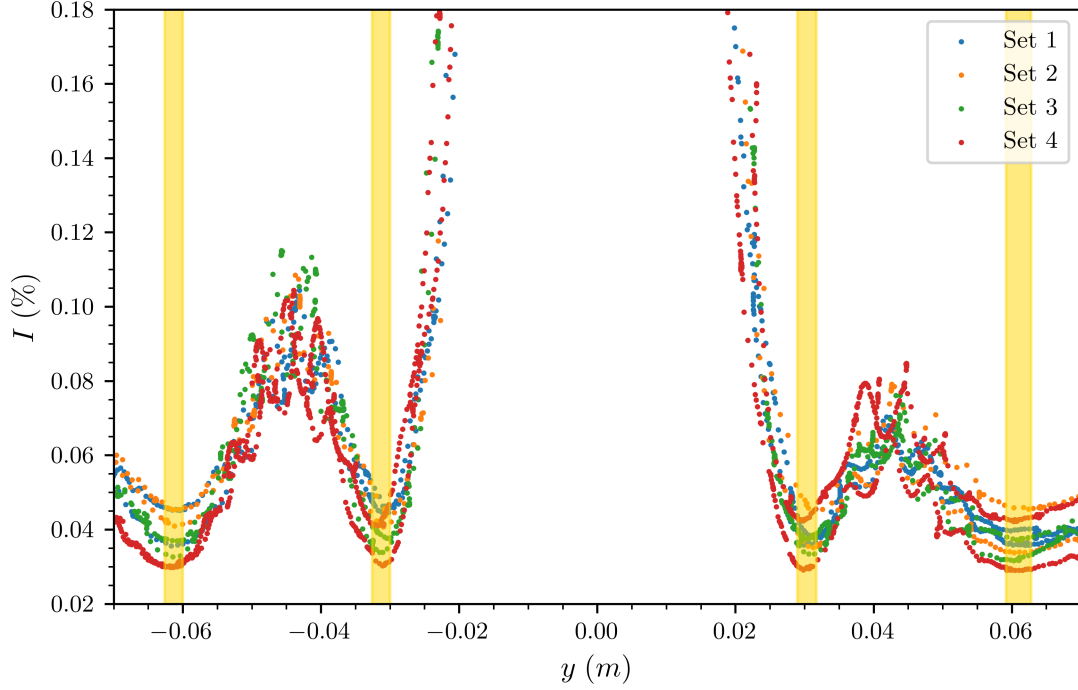


Figura 2: Intensità luminosa I in funzione della posizione y del sensore (in metri) per la fenditura a 0.02 mm. In figura sono segnati i minimi ricavati graficamente con i relativi errori. È possibile notare un segnale a frequenza costante che si sovrappone alla figura di diffrazione.

Le ascisse ottenute dei minimi sono le seguenti:

Tabella 1: Posizione dei minimi, ottenuta graficamente dalla Figura 2, riportata di fianco al proprio indice m ed al valore $\frac{\lambda L}{a}$ (m) stimati seguendo l'Equazione 2. Il valore di a derivato da ciascun minimo è stato ricavato con la formula inversa dopo aver posto $\lambda = 650$ nm ed $L = 98.5$ cm.

m	y (m)	$\frac{\lambda L}{a}$ (m)	a mm
-2	-0.0613 ± 0.0013	0.0307 ± 0.0007	0.0209 ± 0.0005
-1	-0.0313 ± 0.0013	0.0313 ± 0.0013	0.0205 ± 0.0009
1	0.0304 ± 0.0014	0.0304 ± 0.0014	0.0211 ± 0.0010
2	0.0610 ± 0.0018	0.0305 ± 0.0009	0.0210 ± 0.0006

Facendo una media dei valori ricavati

4.2 Fenditura $a = 0.04$ mm

4.3 Fenditura $a = 0.08$ mm

5 Conclusioni

A Approssimazione angolo θ

La legge che descrive l'intensità della luce su un punto dello schermo a distanza y dal centro è l'Equazione 4.

$$I(\theta) = I_0 \operatorname{sinc}^2 \left(\frac{\pi a}{\lambda} \cdot \sin(\theta) \right) \quad (4)$$

in cui θ è l'angolo formato in corrispondenza della fenditura tra la retta perpendicolare allo schermo, passante per il suo centro, e quella passante per il punto dello schermo preso in analisi.

Dato che la distanza tra la fenditura e lo schermo $L \gg y$ è possibile applicare l'approssimazione in Equazione 5.

$$\sin(\theta) \approx \theta = \arctan \left(\frac{y}{L} \right) \approx \frac{y}{L} \quad (5)$$

Si giunge quindi all'Equazione 1 utilizzata per il fit.