Diffrazione di luce laser

La misura della lunghezza d'onda

Research in Action - RiA

ria-grassi.blogspot.it

La diffrazione è un fenomeno fisico che si verifica ogni qual volta che un raggio di luce passa attraverso una fenditura, creando una particolare configurazione detta appunto figura di diffrazione.

Lo scopo di questo laboratorio è quello di costruire un apparato capace di misurare la lunghezza d'onda di un proiettore laser usando la figura di diffrazione generata dalla luce dello stesso laser quando attraversa una fenditura. Per far questo dovremo inizialmente calcolare l'ampiezza della fenditura in un processo di taratura dello strumento costruito.

04 Diffrazione di luce laser - 05.17
Revisione 1 del 28.05.17

RiA - Research in Action

La parola ria in inglese significa estuario, in particolare (dalla definizione che ne da l'Oxford Living Dictonaries):

> A long, narrow inlet formed by the partial submergence of a river valley ... the rias or estuaries contain very peculiar ecosystems which often contain important amounts of fish ... (a causa della loro natura, le rias o estuari contengono ecosistemi molto particolari che spesso contengono grandi quantità di pesce - www.eurotomic.com/spain/the-rias-altas-in-spain.php)

quindi questo prodotto che sarà realizzato grazie all'attività di alternanza scuola-lavoro di alcuni studenti del liceo scientifico G.B.Grassi di Latina - **www.liceograssilatina.org** - sarà un luogo virtuale da esplorare dove *pescare* molto materiale per la didattica laboratoriale.

Fare scienza

La scienza non è solo identificabile con la formula, il modello, la teoria. In altre parole la scienza non rappresenta solo un corpo di conoscenze organizzate e formalizzate. La scienza è anche e fondamentalmente ricerca. Una ricerca volta a conoscere e a capire sempre più e sempre meglio come è fatto e come funziona questo nostro complicatissimo mondo.

Fare scienza si identifica con l'interrogarsi, con l'indagare ed esplorare fatti e cose. Questo tipo di lavoro i bambini lo fanno spontaneamente sin dalla loro nascita ma si perde nel corso del percorso scolastico. L'intervento educativo deve tener conto di ciò e fornire stimoli, occasioni e strumenti per far acquisire agli studenti capacità sempre più ampie e affinate per poter compiere questo lavoro di indagine mantenendo viva (o risvegliando) la curiosità cognitiva, la voglia di sapere e di scoprire, la fiducia di poter capire.

Pensare in senso creativo, in campo scientifico, significa aggredire i problemi, attivare processi vivi dei pensiero, alimentare l'evoluzione dinamica dell'intelligenza duttile, dell'esercizio dell'intuizione e dell'immaginazione, della capacità di progettare e formulare ipotesi, di controllare e verificare quanto prodotto e ricercato.

Per questo è necessario bandire forme di apprendimento consumate entro schemi rigidi di elaborazione del pensiero e puntare al recupero della congettura, dell'ipotesi, di una coscienza scientifica aperta a interrogare ogni problematica.

La società odierna deve far fronte ad un rinnovamento scientifico e tecnico accelerato in cui lo sviluppo delle conoscenze scientifiche e la creazione di prodotti di alla tecnologia *(hi-tech)*, come anche la loro diffusione subiscono un'accelerazione sempre più rapida.

È necessaria, quindi, una diffusione della conoscenza in genere ed è indispensabile promuovere una nuova cultura scientifica e tecnica basata sulla sull'informazione e sulla conoscenza. E quanto più è solida la base di conoscenze scientifiche scolastiche, tanto più si può approfittare dell'informazione e della conoscenza scientifica e tecnica.

Sommario dei contenuti

Diffrazione di luce laser - La misura della lunghezza d'onda

Sommario dei contenuti

1. La diffrazione 5

1.1. Le condizioni di Fraunhofer 5
1.2. Prerequisiti 6
1.3. Obiettivi 6
1.4. Software ImageJ 6

2. Costruzione dello strumento 7

2.1. Strumenti 7

3. Ampiezza della fenditura: 9

3.1. Realizzazione della figura di diffrazione 9
3.2. Calcolo ampiezza della fenditura 10
3.3. Approssimiamo i dati 10

4. Lunghezza d'onda di un laser: 12

4.1. Realizzazione della figura di diffrazione 12
4.2. Calcolo della lunghezza d'onda 12

5. Ampiezza della fenditura 14

5.1. Calcolo ampiezza della fenditura 14
5.2. Approssimiamo i dati 15

6. Lunghezza d'onda di un laser: 17

6.1. Calcolo della lunghezza d'onda 17

Materiale disponibile per questo laboratorio:

» il fascicolo (in formato PDF di circa 9.0MB): **drive.google.com/open?id=0Bxr30LTGqG7eR2VxbEJ5ZkpOOHc**;

» l'approssimazione della curva di luminosità usando GeoGebra (in formato GGB di circa 59kB): **drive.google.com/open?id=0Bxr30LTGqG7ea2ZnckJBTEoxYUk**.

Diffrazione di luce laser

La misura della lunghezza d'onda

1. La diffrazione

Questo laboratorio è stato sviluppato con la collaborazione di Fabio Chiarello (CNR-IFN), il progetto è stato coordinato da Gualtiero Grassucci (Iss G.B. Grassi)

La diffrazione è un fenomeno fisico che si verifica ogni qual volta che un raggio di luce passa attraverso una fenditura, creando una particolare configurazione detta appunto figura di diffrazione. La diffrazione può essere letta come una richiesta di continuità da parte del fronte d'onda che incontra un ostacolo ai bordi.

Di fronte ad un fenomeno di diffrazione si possono compiere alcune osservazioni. La diffrazione può avvenire *da campo vicino* ossia quando la sorgente di luce e lo schermo sono posti a distanza finita dalla fenditura, oppure *da campo lontano* che è un caso particolare del precedente ma che è molto più facile da studiare e da analizzare e si osserva quando la sorgente di luce e lo schermo sono posti a distanza infinita dalla fenditura, in questo caso i raggi incidenti possano essere considerati paralleli tra di loro (è proprio questa caratteristica che lo rende così facile da studiare). Il primo tipo di diffrazione è chiamata diffrazione di Fraunhofer ed è quella che noi prenderemo in considerazione per effettuare il nostro esperimento.

1.1. Le condizioni di Fraunhofer

Una breve introduzione al fenomeno della diffrazione si può trovare qui: www.phys.uniroma1.it/fisica/sites/default/files/file_PLS/Diffrazione_prof.pdf grazie al lavoro del dipartimento di fisica dell'Università degli studi di Roma La Sapienza

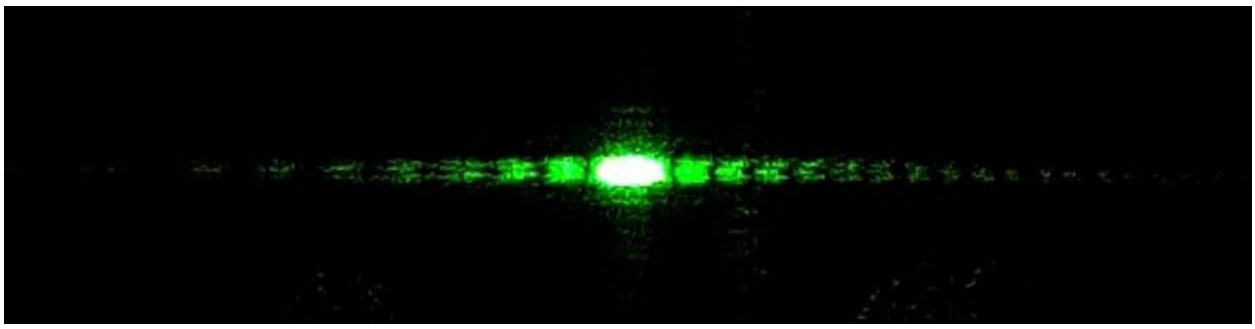
Questo tipo di diffrazione si basa sulle due condizioni di Fraunhofer. La prima afferma che la distanza R tra la sorgente puntiforme di luce e la fenditura debba essere maggiore rispetto al rapporto tra il quadrato dello spessore della fenditura a e la lunghezza d'onda della luce *lambda*. Formalmente:

$$R > \frac{a^2}{\lambda}$$

La seconda condizione, invece, richiede che la distanza D tra la fenditura e lo schermo debba essere maggiore rispetto al rapporto tra il quadrato dello spessore della fenditura e la lunghezza d'onda della luce.

$$D > \frac{a^2}{\lambda}$$

Secondo il principio di Huygens-Fresnel, quando la luce attraversa una fenditura molto stretta, ogni punto della fenditura si comporta come se fosse una sorgente di onde circolari, che intera-



giscono tra loro mediante creando un fenomeno di interferenza che può essere osservato sullo schermo dove si formano le caratteristiche zone d'ombra (zone di interferenza distruttiva) alternate a zone di luce (zone di interferenza costruttiva). Nella foto qui di seguito una figura di diffrazione realizzata con lo strumento che descriveremo nel seguito.

1.2. Prerequisiti

Per questo laboratorio è necessario:

» conoscere alcune nozioni base di trigonometria (sostanzialmente la definizione delle principali funzioni goniometriche)
» saper approssimare una funzione conoscendone alcune caratteristiche

1.3. Obiettivi

Lo scopo di tale laboratorio è quello di costruire un apparato capace di misurare la lunghezza d'onda di un proiettore laser. Per far questo dovremo inizialmente calcolare l'ampiezza della fenditura attraverso cui far passare la luce del laser conoscendo la lunghezza di quest'ultima e successivamente calcolare la lunghezza d'onda del laser conoscendo l'ampiezza della fenditura. Incidentalmente costruiremo un modello per approssimare la luminosità della figura di diffrazione con una funzione opportuna rappresentandola su un piano cartesiano.

Il laboratorio può essere ripetuto anche senza necessariamente costruire lo strumento, nel seguito saranno forniti tutto il materiale necessario (essenzialmente le foto della figura di diffrazione e i dati correlati).

ImageJ si può scaricare qui:
imagej.net/Welcome

1.4. Software ImageJ

ImageJ è un'applicazione *open source*, quindi gratuita, dedicata alla manipolazione delle immagini, con funzioni progettate specificatamente per l'utilizzo scientifico delle immagini stesse. Le sue funzioni possono essere largamente estese e ampliate grazie a una serie di *plugin* che spaziano sui più svariati campi dell'imaging processing. Qui, in questo laboratorio, ci sarà utile per misurare la luminosità di porzioni di una fotografia.

Una foto dello strumento in azione, si vede chiaramente la luce del laser indirizzata sulle lame che formano la fenditura e si intravede la figura di diffrazione sullo schemro (in alto a destra)

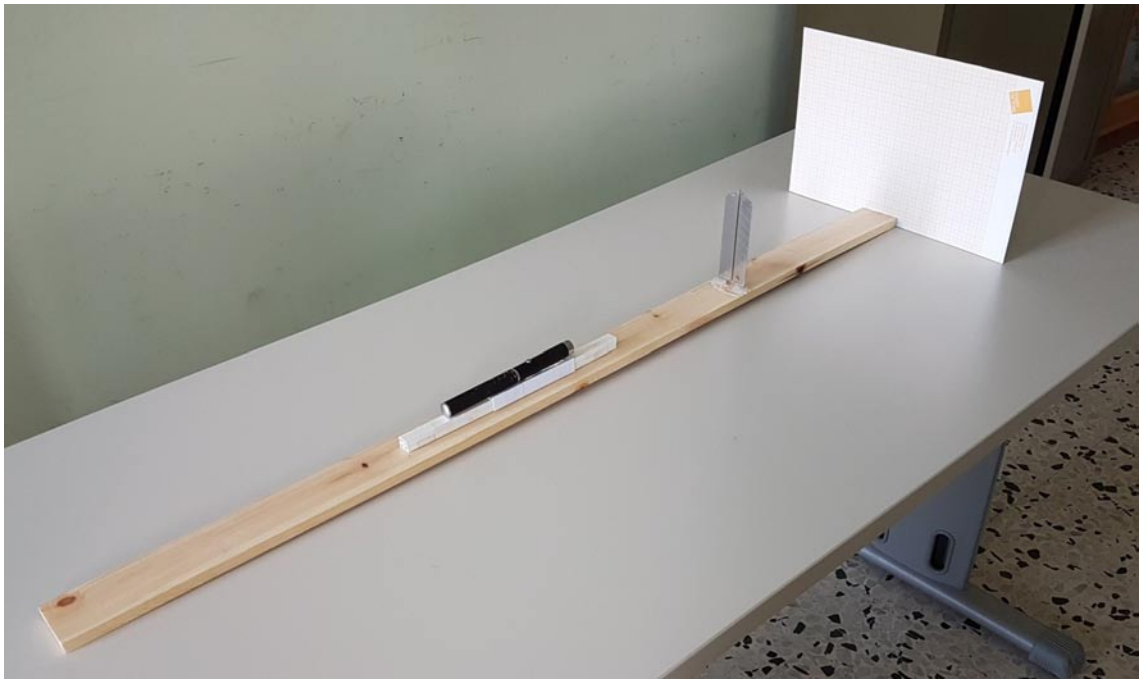
2. Costruzione dello strumento

2.1. Strumenti

Per costruire l'apparato abbiamo utilizzato i seguenti materiali:

» fogli in *Plasticard* da 1mm, poiché è un materiale di uno spessore tale da poterlo tagliare facilmente con il taglierino o anche semplicemente con le forbici
» profilati in *Plasticard* (tubo quadrato 4mm di sezione)
» striscia in compensato di una lunghezza tale che si possano rispettare le condizioni di Fraunhofer per le distanze tra il laser e la fenditura e tra la fenditura e lo schermo
» proiettore laser economico
» lame di un taglierino (che accostate, costituiranno la fenditura)
» colla a caldo o un altro tipo di colla che non abbia tempi di asciugatura rapidi, così da poter correggere eventuali errori
» carta millimetrata da attaccare sullo schermo così da poter calcolare la distanza tra le zone d'ombra e quelle di luce

Lo strumento che abbiamo costruito è mostrato nella foto che si trova nella pagina precedente e in quelle mostrate in questa pagina e in quella seguente.

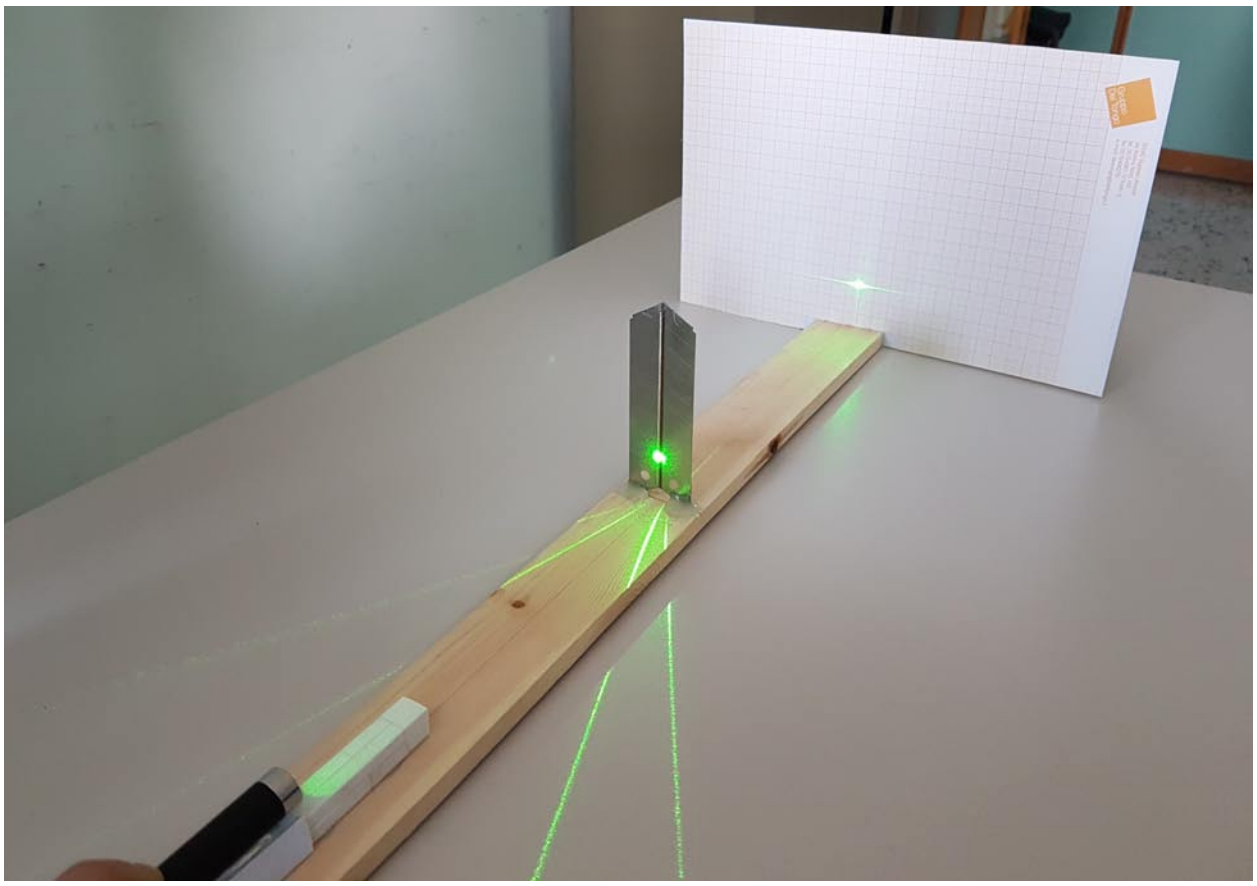


Toolbox - 2. Approssimazione di dati sperimentali a pagina 5 - è qui: drive.google.com/open?id=0Bxr3OLTGqG7edXlM0XZrNO15MEk.

Più o meno a metà strada tra il laser (in colore nero) e lo schermo (bianco in alto a destra) si possono osservare le due lame di taglierino che formano la fenditura.

Nella pagina successiva lo stesso strumento visto dall'alto.

Come si vede chiaramente, sull'asse di compensato abbiamo incollato il binario (in colore bianco) sul quale deve scorrere il carrello che sostiene il laser. La luce emanata dal laser deve passare attraverso la fenditura creata dall'accostamento delle due lame che si trovano a una distanza dallo schermo e dalla sorgente di luce tale da rispettare le condizioni di Fraunhofer. Sullo schermo si trova un foglio di carta millimetrata che ci è servito per calcolare la distanza tra le zone d'ombra e quelle di luce della figura di diffrazione creata dal passaggio della luce del laser attraverso la fenditura formata dalle due lame.



3. Ampiezza della fenditura:

Secondo il principio di Huygens-Fresnel, quando la luce attraversa una fenditura molto stretta, ogni punto della fenditura si comporta come se fosse una sorgente di onde circolari, che interagendo tra loro creano il fenomeno di interferenza che si osserva sullo schermo.

La distanza delle zone di interferenza costruttiva e distruttiva da centro della figura di diffrazione dipende dalla lunghezza d'onda del raggio di luce e dall'ampiezza della fenditura. Per la precisione, la distanza y dell'*n-esima* zona di interferenza distruttiva dal centro della figura di diffrazione si può determinare mediante la formula:

$$y = \frac{n \cdot \lambda \cdot D}{a}$$

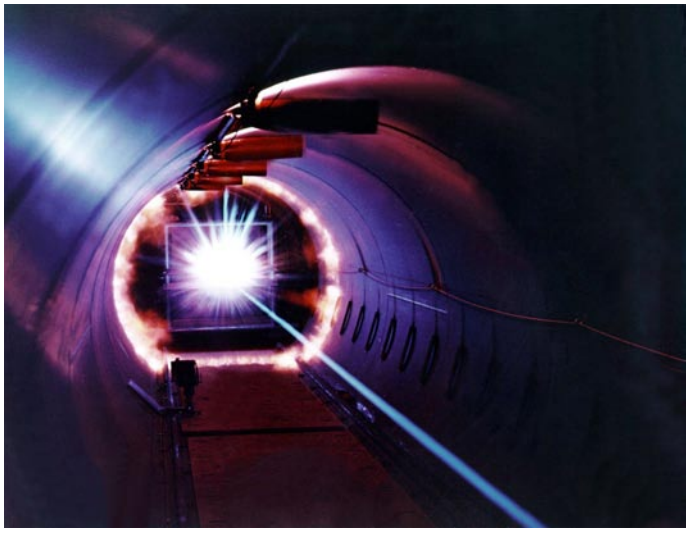
dove, come già detto, a è lo spessore della fenditura, D è la distanza tra lo schermo e la fenditura, *lambda* è la lunghezza d'onda mentre n è il numero ordinale della zona d'ombra (per la zona più vicina al centro della figura di diffrazione si ha $n = 1$, per la successiva si ha $n = 2$, e così via).

A questo punto è possibile calcolare l'ampiezza della fenditura conoscendo la lunghezza d'onda del laser e viceversa.

3.1. Realizzazione della figura di diffrazione

Prima di iniziare tieni conto che hai necessità di conoscere la lunghezza d'onda del laser che stai usando.

Accendi il proiettore laser e regola la sua distanza dalla fenditura (dalle due lame del taglierino) aiutandoti con il carrello fino a quando sullo schermo non si crea la caratteristica figura di diffrazione composta di zone d'ombra alternate a zone luminose.



Può darsi che sia necessario, almeno le prime volte, di qualche tentativo in più per ottenere il risultato voluto. Se proprio non appare la figura di diffrazione controlla che siano rispettate le condizioni di Fraunhofer.

Usa un telefono cellulare o una fotocamera per scattare una foto allo schermo con la figura di diffrazione e trasferisci l'immagine così ottenuta su un pc.

Può darsi sia necessario regolare la luminosità della fotocamera (o della fotocamera del telefono), se il laser è abbastanza potente (in genere quelli con luce verde) il contrasto può nascondere il disegno della carta millimetrata che in seguito ci servirà per le misure.

3.2. Calcolo ampiezza della fenditura

Tenendo conto che abbiamo una formula (che è riportata in alto in questa stessa pagina) che *lega* la distanza y di una zona di interferenza distruttiva con l'ampiezza a della fenditura, prova a determinare l'ampiezza della fenditura misurando sulla foto le distanze dal centro delle zone d'ombra.

Se non hai eseguito l'esperimento puoi usare la foto che trovi in questa stessa pagina in cui, regolando opportunamente il contrasto e la luminosità della fotocamera, è visibile sia la figura di diffrazione che il reticolo millimetrato in secondo piano (in cui l'unità di misura è, per l'appunto, il millimetro). Per realizzare la foto abbiamo usato un laser con una lunghezza d'onda pari a $500\ nm$ o meglio $500\ 10^{-9}\ m$, mentre la distanza D tra il proiettore laser e la fenditura è pari a $0.25\ m$.

Può darsi che una sola misura non ci dia sufficienti garanzie di correttezza, cerca un modo per migliorare la precisione della misura prima di eseguire il calcolo. Dopo aver calcolato il valore accettabile stima l'errore fatto nel calcolo.

Il problema, come si nota subito osservando la figura precedente con un po' di attenzione, è che le distanze si possono misurare solo con un certo grado di approssimazione.

3.3. Approssimiamo i dati

La luminosità di una figura di diffrazione, misurata lungo un asse longitudinale, produce su un grafico un andamento caratteristico, possiamo cercare di ricostruire questo articolare andamento cercando una funzione che approssimi l'andamento della luminosità della figura di diffrazione.

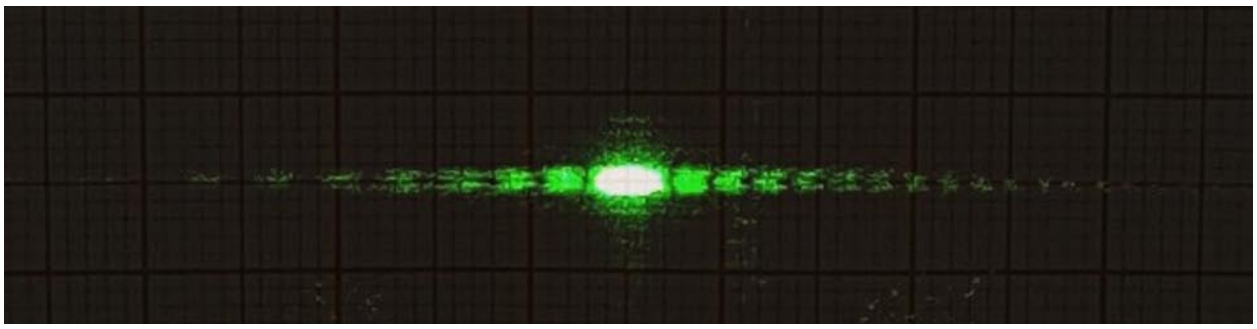
ImageJ si può scaricare qui:
imagej.net/Welcome

Usando un'applicazione capace di misurare l'intensità luminosa dei pixel di un'immagine, misura l'intensità luminosa lungo una linea longitudinale che passi per il centro della figura di diffrazione.

Se non hai familiarità con questo genere di applicazioni, nelle soluzioni ti mostreremo come procedere usando *ImageJ*. Se invece non hai seguito l'eperimento, nella pagina precedente abbiamo riportato i dati estratti con *ImageJ* dalla foto che si trova nella pagina successiva evidenziantо il punto in cui si ha la massima intensità luminosa J_{31} e uno dei punti di minimo (il primo a detra del centro) H_{32}. Di entrambi sono mostrate anche le coordinate.

Una volta che hai i tuoi dati rappresentali su un piano cartesiano (puoi usare quello riportato in questa stessa pagina), che tipo di andamento riconosci? Poi suggerire una funzione capace di approssimare i dati?

Tieni conto che un andamento come quello osservato può essere descritto da una funzione di un tipo piuttosto particolare:

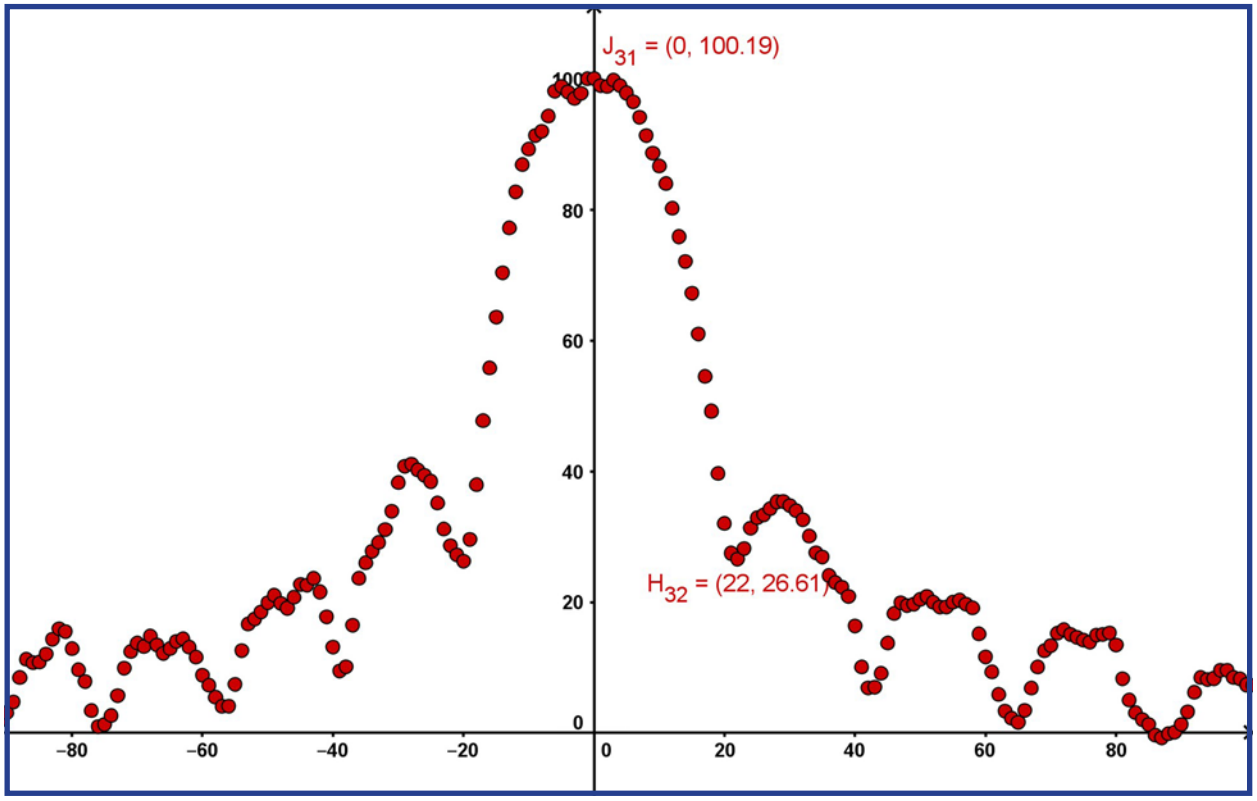


$$I(y) = a\left[\frac{\sin(by)}{by}\right]^2$$

dove y rappresenta la distanza dal centro della figura di diffrazione.

Determina la funzione del tipo che abbiamo appena indicato che meglio approssima i dati che abbiamo ricavato dalle misure sperimentali.

Traccia ora la funzione sullo stesso grafico su cui hai rappresentato i dati e valuta la precisione del lavoro fatto.



Dal blog riaexplorer.blogspot.it è possibile scaricare il laboratorio svolto usando GeoGebra: drive.google.com/open?id=0Bxr3OLTGqG7ea2ZnckJBTEoxYUk GeoGebra si può scaricare qui: www.geogebra.org/

4. Lunghezza d'onda di un laser:

Il calcolo dell'ampiezza della fenditura, per quanto interessante, non è lo scopo principale di questo laboratorio. In realtà la prima parte del percorso ci ha consegnato uno strumento con il quale misurare la lunghezza d'onda di un altro laser con un procedimento simile a quello appena seguito. È quello che vogliamo fare ora.

4.1. Realizzazione della figura di diffrazione

Iniziamo in modo simile a quanto fatto in precedenza. Prendi un nuovo proiettore laser, diverso dl precedente, e sistemalo sull'apparato.

Accendi il nuovo proiettore laser e regola la sua distanza dalla fenditura (dalle due lame del taglierino) aiutandoti con il carrello fino a quando sullo schermo non si crea la caratteristica figura di diffrazione composta di zone d'ombra alternate a zone luminose.

Come detto in precedenza, può essere necessario più di un tentativo per ottenere il risultato voluto.

Usa un telefono cellulare o una fotocamera per scattare una foto allo schermo con la figura di diffrazione e trasferisci l'immagine così ottenuta su un pc.

Ricordati di regolare la luminosità della fotocamera (o della fotocamera del telefono) per far sì che nella foto siano visibili sia le zone di luce che il reticolo millimetrato dello schermo.

4.2. Calcolo della lunghezza d'onda

Tenendo conto che abbiamo una formula che *lega* la distanza y di una zona di interferenza distruttiva con l'ampiezza a della fenditura, prova a determinare la lunghezza d'onda del laser misurando sulla foto le distanze dal centro delle zone d'ombra.

Se non hai eseguito l'esperimento puoi usare la foto che trovi qui di seguito in questa stessa pagina, in cui è visibile sia la figura di diffrazione che il reticolo millimetrato in secondo piano (in cui l'unità di misura è, per l'appunto, il millimetro) tenendo conto che la distanza tra il proiettore laser e la fenditura è pari a $0.25\ m$.

Può darsi che una sola misura non ci dia sufficienti garanzie di correttezza, cerca un modo per migliorare la precisione della misura prima di eseguire il calcolo. Dopo aver calcolato il valore accettabile stima l'errore fatto nel calcolo.

Come già rilevato nel problema precedente, le distanze si possono misurare con un certo grado di approssimazione.

Il risultato ottenuto può essere confrontato con la lunghezza d'onda del laser, se note, per valutare la precisione del calcolo.

13

Diffrazione di luce laser

La misura dela lunghezza d'onda

5. Ampiezza della fenditura

La prima parte del percorso, la ralizzazione della figura di diffrazione, non ha ovviamente soluzioni predefinite. Come già detto, se non avete realizzato lo strumento potete usare la foto mostrata a pagina 9 **(cfr. 3.2 Calcolo ampiezza della fenditura)** tenendo conto che abbiamo usato un laser la cui lunghezza d'onda è pari a $500\ 10^{-9}\ m$ e la distanza tra il proiettore laser e la fenditura è pari a $0.25\ m$.

5.1. Calcolo ampiezza della fenditura

Tenendo conto che abbiamo una formula (che è riportata in alto in questa stessa pagina) che *lega* la distanza y di una zona di interferenza distruttiva con l'ampiezza a della fenditura, prova a determinare l'ampiezza della fenditura misurando sulla foto le distanze dal centro delle zone d'ombra.

A una prima misurazione la prima zona d'ombra, il primo punto di interferenza distruttiva, si trova a una distanza compresa tra $2mm$ e $3mm$ (a seconda che si scelga il punto a sinistra o a destra del centro della figura), abbastanza imprecisa. Appare indispensabile trovare un modo per rendere la misura più precisa.

Può darsi che una sola misura non ci dia sufficienti garanzie di correttezza, cerca un modo per migliorare la precisione della misura prima di eseguire il calcolo. Dopo aver calcolato il valore accettabile stima l'errore fatto nel calcolo.

Per ridurre l'errore al minimo, noi abbiamo seguito un procedimento un po' più complesso:

» abbiamo calcolato la distanza, da destra e da sinistra, tra il centro della figura di diffrazione e la prima zona di interferenza distruttiva calcolando l'ampiezza della fenditura usando come distanza dal centro la media delle due misure;

» abbiamo calcolato allo stesso modo la distanza della seconda e della terza zona di interferenza dal centro della figura di diffrazione determinando ogni volta una nuova ampiezza della fenditura considerando le media delle due distanze (a sinistra e a destra).

n	y a sinistra m	y a destra m	a m
1	$3\ 10^{-3}$	$2\ 10^{-3}$	$5.00\ 10^{-5}$
2	$5\ 10^{-3}$	$4\ 10^{-3}$	$5.55\ 10^{-5}$
3	$7\ 10^{-3}$	$6\ 10^{-3}$	$5.77\ 10^{-5}$
		media	$5.44\ 10^{-5}$

Le misure e i risultati corrispondenti sono riportati nella tabella qui accanto in cui tutte le distanza sono misurate in metri (m).

È da notare che la formula che lega l'ampiezza della fenditura alla distanza dal centro di una zona d'ombra è stata usata in modo da ricavare l'ampiezza a in funzione della distanza y:

$$a = \frac{n \cdot \lambda \cdot D}{y}$$

Per avere una stima dell'errore abbiamo calcolato lo scarto quadratico medio (ricordiamo che lo

scarto quadratico è la differenza tra un valore e la media). Con qualche rapido calcolo abbiamo:

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(a_i - \bar{a})}{3}} = 3.34 \cdot 10^{-6}$$

che è un errore abbastanza piccolo, tenuto conto della costruzione un po artigianale dello strumento e l'imprecisione nella misura delle distanza delle zone d'ombra.

5.2. Approssimiamo i dati

Usando un'applicazione capace di misurare l'intensità luminosa dei pixel di un'immagine, misura l'intensità luminosa lungo una linea longitudinale che passi per il centro della figura di diffrazione.

Per ottenere una misura della luminosità dell'immagine uando *ImageJ* devi innanzitutto importare la foto nell'applicazione. Successivamente, attraverso la funzione *Straight line* traccia una linea lungo la nostra configurazione luminosa in modo che passi per il centro e vada da sinistra a destra seguendo un percorso longitudinale.

A questo punto apri il menu *Analyze* e avvia la funzione *Plot profile*. Avviata la funzione, si aprirà una finestra con un piano cartesiano su cui sono riportate (come punti) le coppie distanza-luminosità. I dati vanno esportati per mezzo della funzione *Save* che crea una una tabella con le coordinate di ciascun punto. Le ordinate sono una misura della luminosità di ciscun punto della linea, le ascisse la distanza dal punto iniziale della linea tracciata.

La figura in basso in questa stessa pagina mostra una porzione della schermata dell'applicazione *ImageJ* con alcuni degli strumenti disponibili.

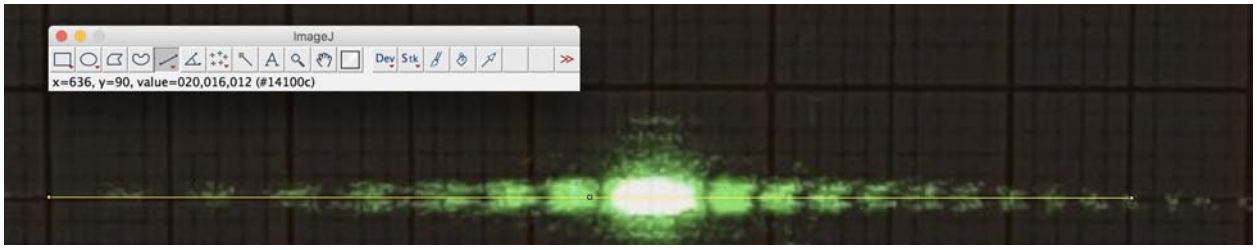
Determina la funzione del tipo che abbiamo appena indicato che meglio approssima i dati che abbiamo ricavato dalle misure sperimentali.

La funzione suggerita ha due parametri: a e b, quindi dobbiamo imporre due condizioni. Appare chiaro che il parametro a corrisponde all'ordinata con valore maggiore (in effetti si tratta della luminosità misurata nel centro della figura di diffrazione) che, per le misure effettuate da noi vale 100.19. Quindi, per il nostro esperimento, abbiamo $a = 100.19$.

Mentre il parametro b si può ricavare sostituendo le coordinate di un punto, noi abbiamo scelto il primo punto di minimo a destra dell'origine che ascissa $x_P=22$.

C'è da tener conto di una cosa: nell'immagine che abbiamo ricavato non ci sono zone perfettamente nere, dobbiamo interpretare i risultati di *ImageJ* considerando valide le ascisse in cui si raggiunge il minimo ma non le ordinate (che risultano più luminose in foto di quanto siano in realtà). In altre parole, dobbiamo considerare nulla l'ordinata corrispondente a un'ascissa di un minimo.

Quindi imponiamo che la funzione *passi* per il punto $P(22, 0)$. Sostituendo le coordinate del punto



nell'equazione otteniamo:

$$100.19 \cdot \left[\frac{\sin(22y)}{22y}\right]^2 = 0$$

che equivale semplicemente a:

$$\sin(22y) = 0$$

la cui prima soluzione accettabile (abbiamo escluso quella nulla perchè in zero la funzione deve avere un massimo e non un minimo) è:

$$b = \frac{\pi}{22} \simeq 0.14$$

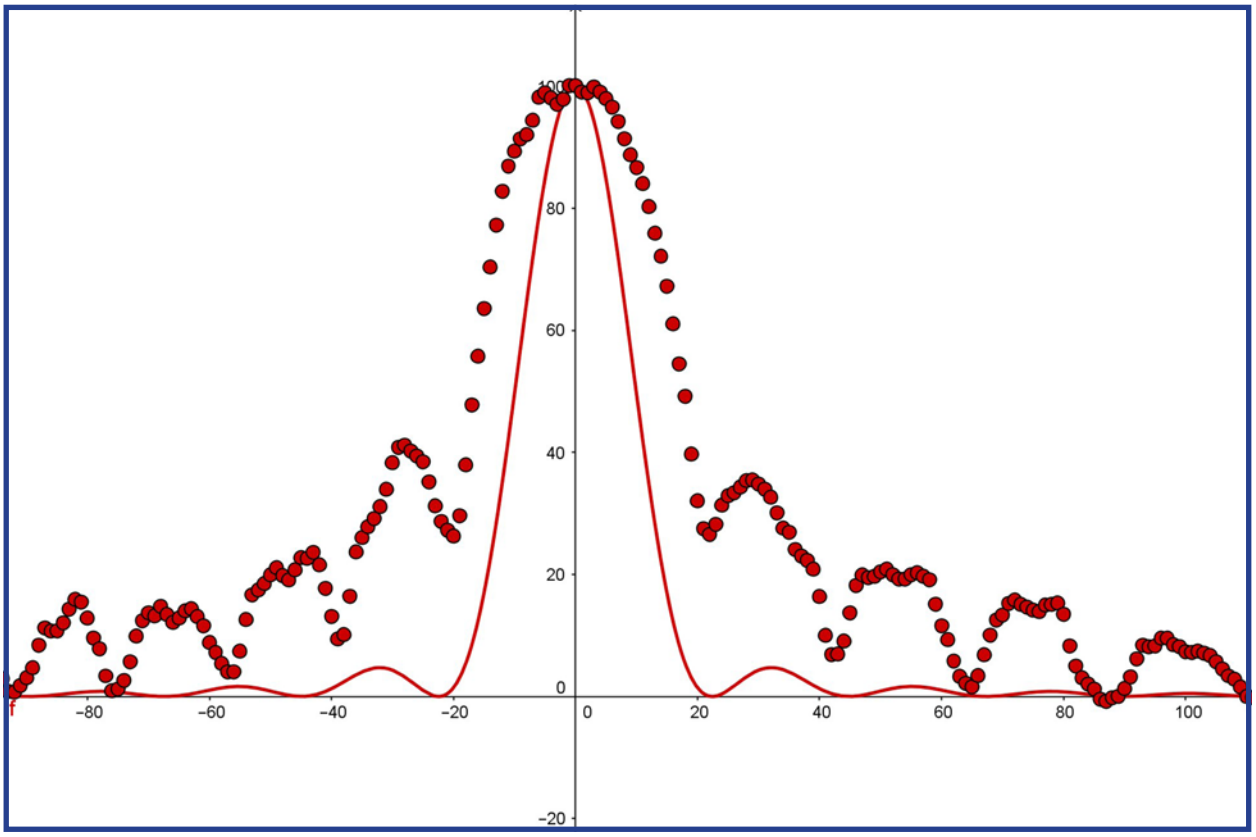
Concludendo, la funzione che approssima l'andamento della luminosità della figura di diffrazione nel nostro esperimento, lungo una linea longitudinale è:

$$I(y) = 100.19 \cdot \left[\frac{\sin(0.14 \cdot y)}{0.14 \cdot y}\right]^2$$

I dati della luminosità così come calcolati da *ImageJ* e il grafico della funzione approssimante sono mostrati nella figura che si trova in questa stessa pagina.

La funzione in zero ha un andamento particolare la cui analisi esula dagli obiettivi di questo laboratorio.
In sintesi, la funzione non è definita in zero in quanto il denominatore si annulla in quel punto ma, nello stesso punto, ha quella che si chiama una discontinuità eliminabile perchè la quantità tra parentesi, al tendere della y a zero, tende a uno per cui, semplificando un po, possiamo dire che in zero la funzione vale proprio a!

Dal blog riaexplorer.blogspot.it è possibile scaricare il laboratorio svolto usando GeoGebra:
drive.google.com/open?id=0Bxr3OlTGqG7ea2ZnckJBTEoxYUk
GeoGebra si può scaricare qui:
www.geogebra.org/



6. Lunghezza d'onda di un laser:

6.1. Calcolo della lunghezza d'onda

Tenendo conto che abbiamo una formula che *lega* la distanza y di una zona di interferenza distruttiva con l'ampiezza a della fenditura, prova a determinare la lunghezza d'onda del laser misurando sulla foto le distanze dal centro delle zone d'ombra.

Anche in questo caso le misure prese direttamente sulla foto usando il reticolo millimetrato sono tutt'altro che precise per cui abbiamo bisogno di un metodo per migliorare la precisione. Per tua comodità abbiamo riportato la figura di diffrazione in questa pagina.

Può darsi che una sola misura non ci dia sufficienti garanzie di correttezza, cerca un modo per migliorare la precisione della misura prima di eseguire il calcolo. Dopo aver calcolato il valore accettabile stima l'errore fatto nel calcolo.

Per ridurre l'errore al minimo, noi abbiamo seguito il procedimento illustrato in precedenza con alcune piccole modifiche: conoscevamo l'ampiezza della fenditura per averla calcolata all'inizio di questo laboratorio quindi il procedimento è il seguente:

» abbiamo calcolato la distanza, da destra e da sinistra, tra il centro della figura di diffrazione e la prima zona di interferenza distruttiva calcolando la lunhezza d'onda usando come distanza dal centro la media delle due misure;

» abbiamo calcolato allo stesso modo la distanza della seconda e della terza zona di interferenza dal centro della figura di diffrazione determinando ogni volta una nuova lunghezza d'onda considerando le media delle due distanze (a sinistra e a destra).

Le misure e i risultati corrispondenti sono riportati nella tabella qui accanto.

n	y a sinistra m	y a destra m	lambda m
1	$3\ 10^{-3}$	$2\ 10^{-3}$	$552\ 10^{-9}$
2	$4\ 10^{-3}$	$4.5\ 10^{-3}$	$469\ 10^{-9}$
3	$6\ 10^{-3}$	$6.5\ 10^{-3}$	$460\ 10^{-9}$
		media	$494\ 10^{-9}$

È da notare che abbiamo usato la formula che lega l'ampiezza della fenditura alla distanza dal centro di una zona d'ombra è stata usata in modo da ricavare la lunghezza d'onda *lambda* in funzione della distanza y e dell'ampiezza della fenditura a:

$$\lambda = \frac{a \cdot y}{n \cdot D}$$

tenendo conto che la distanza tra il proiettore laser e la fenditura è pari a *0.25 m*.

La media delle tre misure, la lunghezza d'onda calcolata misurando la distanza della prima, della seconda e della terza zona d'ombra, è quindi pari a:

$$\lambda = 473 \cdot 10^{-9} m$$

perfettamente entro il *range* indicato dal costruttore che indica la lunghezza d'onda del laser compresa tra 400 e 600 nanometri (*400 10*$^{-9}$ *m* e *600 10*$^{-9}$ *m*).

Anche in questo caso, come nel calcolo dell'ampiezza della fenditura, possiamo ottenere una stima dell'errore calcolando la media degli scarti quadratici ottenendo un errore pari a circa:

$$\sigma_\lambda = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(\lambda_i - \bar{\lambda})}{3}} = 4.14 \cdot 10^{-8}$$

Anche n questo caso un buon risultato.

LSS G.B. Grassi

liceo scientifico statale G.B. Grassi di LAtina

www.liceograssilatina.org

CNR - IAC

Istituto per le Applicazioni del Calcolo Mauro Picone

www.iac.cnr.org

CNR - IFN Roma

Istituto di Fotonica e Nanotecnologie

www.roma.ifn.cnr.org

CNR - INSEAN

Istituto Nazionale Studi Esperienze e Architettura Navale

www.insean.cnr.org