

LA LUCE

La luce (dal latino lux, lucis) è l'agente fisico che rende visibili gli oggetti.

Il termine luce si riferisce alla porzione dello spettro elettromagnetico visibile all'occhio umano, ma può includere altre forme della radiazione elettromagnetica. Le tre grandezze base della luce (e di tutte le radiazioni elettromagnetiche) sono la lunghezza d'onda λ (distanza tra due massimi o due minimi), la frequenza f (numero delle oscillazioni compiute nell'unità di tempo) e la polarizzazione (o angolo di vibrazione).

TEORIE SULLA NATURA DELLA LUCE E SUL SUO COMPORTAMENTO

- 1600: **Keplero** definisce i principi dell'ottica fisiologica e dell'ottica geometrica.
 - 1700: **Newton** sostiene che tutti i fenomeni fisici, anche luminosi, obbediscono alle leggi della meccanica spiegando la natura corpuscolare della luce (la luce è formata da microscopiche particelle, dette corpuscoli, che vengono emessi a ritmo continuo dalle sorgenti luminose. Esse si muovono in linea retta)
 - 1780: **Huygens** spiega i fenomeni della riflessione e della rifrazione come ondulatori; sostiene quindi che la luce è un'onda e che consiste in un trasferimento di energia e non di materia.
 - 1800: **Fresnell** spiega che interferenza, diffrazione, polarizzazione, doppia rifrazione, sono fenomeni ondulatori.
 - 1870: **Maxwell** dimostra che tra il campo elettrico e il campo magnetico esiste una simmetria profonda, la variazione di uno di essi genera l'altro. In realtà i due campi sono aspetti diversi di un'unica entità: il campo elettromagnetico. Il campo elettromagnetico genera onde elettromagnetiche che a loro volta risultano definite da due grandezze: l'intensità del campo elettrico e l'intensità del campo magnetico, con vettori perpendicolari tra loro e perpendicolari alla direzione di propagazione.
- Maxwell dimostrò che le onde elettromagnetiche si propagano, nel vuoto, alla stessa velocità della luce; deduce che la luce visibile è un'onda elettromagnetica.
- Oggi sappiamo che UV, IR, RX, Rc, sono particolari onde elettromagnetiche che differiscono solo per l'intervallo dei valori della lunghezza d'onda.
- 1887: **Hertz** scopre che inviando luce violetta su elettroni tra i quali sta per scoccare una scintilla, ne facilita l'emissione. Questo fenomeno, detto effetto fotoelettrico, spiega che inviando radiazioni luminose o ultraviolette su di una superficie di metallo o semiconduttore, questa produce l'estrazione di elettroni (da cui la natura corpuscolare).
 - Einstein** scopre (dato che, ammettendo una natura solo corpuscolare della luce, l'effetto fotoelettrico è inspiegabile) che la luce è costituita da pacchetti di energia, "quanti di luce" o "fotoni", che urtano con gli elettroni e scompaiono cedendo tutta la loro energia.
- In questo lavoro, che gli valse il premio nobel, compariva un'equazione di fondamentale importanza, quella che lega l'energia E di un fotone con la frequenza della luce ν :

$$E=h\nu$$

(dove h è la costante di Planck).

- Altri contributi importanti alla formulazione della teoria corpuscolare-ondulatoria vennero apportati da **Thomas Young** e da **De Broglie**.

Il primo nel 1801 eseguì un esperimento che avvalorava la teoria sulla natura ondulatoria della luce. Due raggi di luce (originati dalla divisione di un unico raggio di partenza) colpivano due fenditure, intersecandosi e interferendo tra loro successivamente.

L'area di intersezione non era più luminosa, come ci si sarebbe aspettato da un modello corpuscolare, ma presentava delle bande più luminose e meno luminose alternate, come prevedeva

il modello ondulatorio: a seconda del punto di incontro i due fasci di luce si sommano o si annullano, creando un'immagine di interferenza (interferenza costruttiva e interferenza distruttiva).

De Broglie nel 1924 ipotizzò invece che tutta la materia, e non solo la luce, abbia proprietà ondulatorie. Ad un corpo con una quantità di moto p veniva quindi associata un'onda di lunghezza d'onda λ :

$$\lambda = h/p$$

la principale differenza tra il modello corpuscolare e il modello ondulatorio sta nel fatto che il primo afferma che la luce si muove più velocemente in un mezzo più denso che in uno meno denso.

Il modello ondulatorio afferma il contrario.

Una serie di misure eseguite da Fizeau mostrano che in realtà la luce si propaga tanto più lentamente quanto più il mezzo è otticamente denso.

INOLTRE...

Ai diversi colori percepibili dall'occhio umano corrispondono diverse lunghezze d'onda, misurate quando la luce si propaga nel vuoto [C (velocità della luce) = 3×10^8 m/s]; più precisamente il colore dipende dalla frequenza ($f = c/\lambda$) dell'onda luminosa.

Il colore non è una proprietà tipica dei corpi, ma dipende dalla luce che li colpisce.

Ci appaiono bianchi i corpi che diffondono in eguale misura tutti i colori dello spettro; vediamo invece neri quei corpi che assorbono tutte le radiazioni luminose.

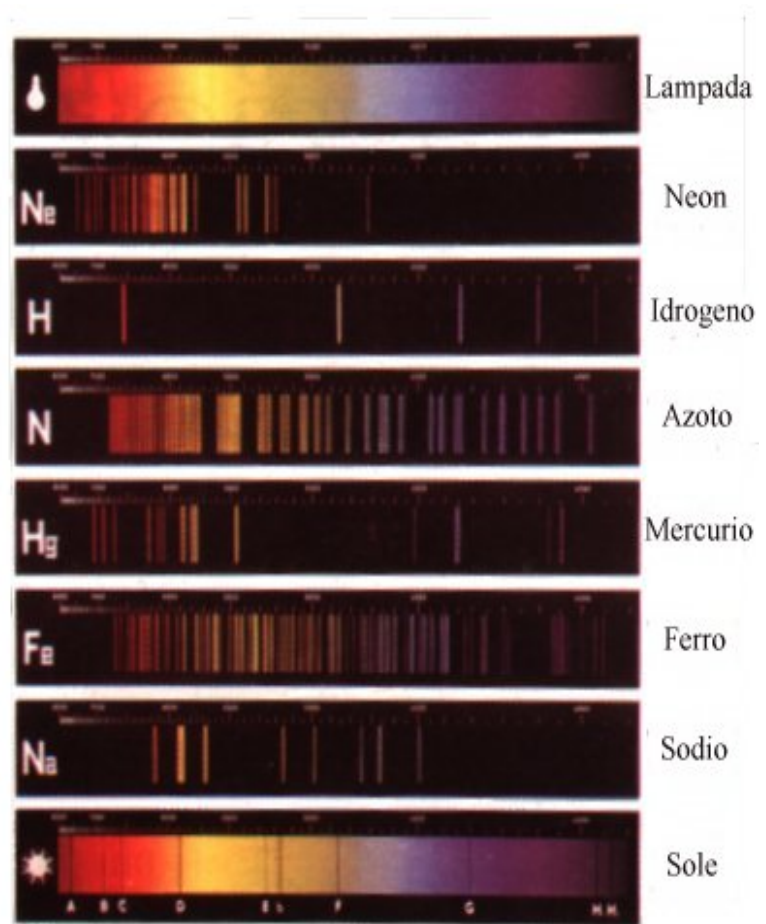
Inoltre ogni sostanza emette le stesse radiazioni che è in grado di assorbire.

Studiando quindi la luce emessa da un corpo è possibile sapere quali sono le sostanze che lo compongono (spettroscopia).

La misura e lo studio di uno spettro è chiamato **spettroscopia**. In origine uno **spettro** era la gamma di colori che si osserva quando della luce bianca viene dispersa per mezzo di un prisma. Con la scoperta della natura ondulatoria della luce, il termine spettro venne riferito all'intensità della luce in funzione della lunghezza d'onda o della frequenza. Oggi il termine spettro è stato generalizzato ulteriormente, ed è riferito a un flusso o un'intensità di radiazione elettromagnetica o particelle (atomi, molecole o altro) in funzione della loro energia, lunghezza d'onda, frequenza o massa.

Uno strumento che permette di misurare uno spettro viene chiamato spettrometro, spettrografo o spettrofotometro.

Quest'ultimo termine si riferisce ad uno strumento per la misura dello spettro elettromagnetico.



LA DIFFRAZIONE DELLA LUCE

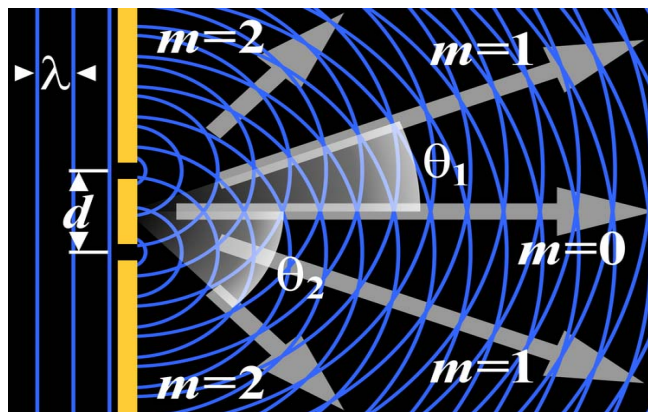
La diffrazione è un fenomeno di interferenza tipico delle onde. Se un fascio di luce colpisce un ostacolo che ha dimensioni uguali o minori della sua lunghezza d'onda, il fascio di luce aggira l'ostacolo ed invade la zona d'ombra. Se incide su una fenditura molto sottile invece di restringersi si allarga.

Se il fascio di luce è di un solo colore e al di là delle fenditure si pone uno schermo, su di esso compaiono delle frange chiare e scure alternate.

L'oggetto è tanto più pronunciato quanto più la fenditura è stretta o l'ostacolo è piccolo.

Dietro un ostacolo grande si forma un'ombra netta, mentre dietro un ostacolo piccolo le onde si incurvano invadendo quella che dovrebbe essere la zona d'ombra.

Visto però che la lunghezza d'onda della luce è dell'ordine di 10^{-7} m, gli oggetti comuni sono, di solito, troppo grandi per dar luogo a fenomeni osservabili.



ESPERIENZE SULLA DIFFRAZIONE DELLA LUCE

Durante l'anno scolastico 2004/2005, insieme ad altri compagni della mia scuola, ho assistito ad una lezione teorica riguardante proprio la diffrazione della luce, svoltasi presso il Dipartimento di Fisica di Roma Tre.

In seguito, usufruendo dei laboratori del Dipartimento, e grazie all'ausilio dei docenti e dei laureandi, abbiamo effettuato due differenti esperienze relative a questo argomento:

- 1) Misura della figura di diffrazione prodotta da una fenditura verticale e della lunghezza d'onda della luce impiegata.
- 2) Diffrazione da una fenditura circolare e determinazione del diametro della fenditura.

RELAZIONE DELL'ATTIVITÀ DI LABORATORIO 1

CLASSE 4°B		DATA MAGGIO 2005
GRUPPO Di Silvestro Monica, Montefredini Roberto, Trovatelli Monica		
TITOLO DELLA PRIMA ESPERIENZA: Misura della figura di diffrazione prodotta da una fenditura verticale e della lunghezza d’onda della luce impiegata.		
OBIETTIVI • Studiare il fenomeno della diffrazione della luce	MATERIALE UTILIZZATO •Banco ottico con 3 cavalieri •Supporto con un laser semiconduttore ($\lambda=6.74 \cdot 10^{-7}\text{m}$) •Supporto con un rivelatore a stato solido montato su movimenti macrometrici X e Y	

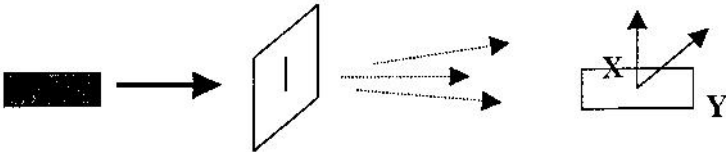
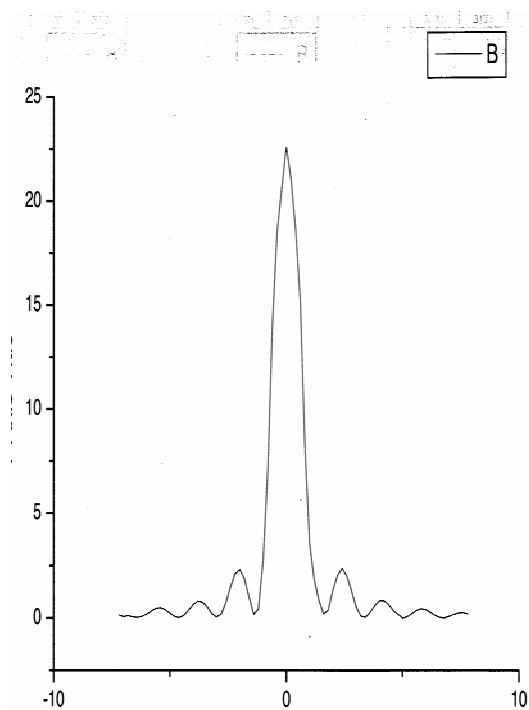
<ul style="list-style-type: none"> • Calcolare la lunghezza d'onda della luce laser 	<ul style="list-style-type: none"> •Supporto con un porta fenditure •1 placca con fenditura verticale (0.2 mm) • Voltmetro digitale •4 viti per il fissaggio •Computer per l'inserimento dei dati e per la costruzione del grafico •Alimentatore •Brugola •Metro
<p style="text-align: center;">SCHEMA DELL'ESPERIENZA</p> <div style="text-align: center;">  <p style="margin-top: 10px;">Laser Fenditura Rivelatore di luce</p> </div>	
<p>TEMPO IMPIEGATO: 2 Ore</p>	
<p>MONTAGGIO ED ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA</p> <p>Si allinei il laser (orientazione e altezza) in modo che incida al centro della fenditura verticale. Osservare la figura di diffrazione che si produce lontano dalla fenditura con i massimi e i minimi (luce e buio). Si cerchi di scegliere una distanza L fra fenditura e schermo sufficientemente grande da permettere di vederli ben separati.</p> <p>Si allinei il rivelatore di luce sul massimo centrale della figura di diffrazione in modo che il movimento Y sia a metà corsa (circa 7.5).</p> <p>Il segnale in uscita del rivelatore di luce è una tensione proporzionale all' intensità, pertanto si leggerà con un voltmetro.</p> <p>Senza variare la distanza L si sposti il rivelatore lungo la figura di diffrazione riportando in una tabella il segnale di tensione del rivelatore in funzione della posizione YR del rivelatore (tabella (YR -V)) . Si consiglia di scegliere come punto iniziale da cui spostare il rivelatore un estremo della figura di diffrazione (zero del micrometro) in modo da percorrere la figura di diffrazione in un solo verso.</p>	

TABELLA DEI DATI RACCOLTI E GRAFICO

	B(Y)	C(X1)	A(X2)	D(Y2)	E(Y2)
1	0,156	-7,2	-3	-4,7	-0,0094
2	0,068	-7	-2	-3	-0,006
3	0,112	-6,8	-1	-1,37	-0,00274
4	0,06	-6,6	1	1,66	0,00332
5	0,038	-6,4	2	3,29	0,00658
6	0,081	-6,2	3	5	0,01
7	0,192	-6	--	--	
8	0,338	-5,8	--	--	
9	0,458	-5,6	--	--	
10	0,482	-5,4	--	--	
11	0,397	-5,2			
12	0,234	-5			
13	0,079	-4,8			
14	0,023	-4,6			
15	0,125	-4,4			
16	0,369	-4,2			
17	0,63	-4			
18	0,8	-3,8			
19	0,76	-3,6			
20	0,519	-3,4			
21	0,216	-3,2			
22	0,041	-3			
23	0,184	-2,8			
24	0,702	-2,6			
25	1,474	-2,4			
26	2,097	-2,2			
27	2,31	-2			
28	1,871	-1,8			
29	0,989	-1,6			
30	0,185	-1,4			
31	0,428	-1,2			
32	2,699	-1			
33	7,14	-0,8			
34	14,18	-0,6			
35	18,52	-0,4			
36	20,56	-0,2			
37	22,57	0			
38	21	0,2			
39	18,59	0,4			
40	15,12	0,6			
41	8,2	0,8			
42	3,55	1			
43	1,811	1,2			
44	0,85	1,4			
45	0,199	1,6			
46	0,387	1,8			
47	1,338	2			
48	2,026	2,2			
49	2,382	2,4			
50	2,007	2,6			
51	1,331	2,8			
52	0,545	3			
53	0,105	3,2			
54	0,046	3,4			
55	0,272	3,6			
56	0,594	3,8			
57	0,824	4			
58	0,837	4,2			
59	0,647	4,4			
60	0,365	4,6			
61	0,192	4,8			
62	0,016	5			
63	0,068	5,2			
64	0,216	5,4			
65	0,371	5,6			
66	0,446	5,8			
67	0,408	6			
68	0,284	6,2			
69	0,13	6,4			
70	0,035	6,6			



CONSIDERAZIONI E RISULTATI DELL'ESPERIENZA:

L'esperienza in sè stessa è risultata essere molto interessante e, nonostante le difficoltà sotto indicate, alla fine molto soddisfacente.

Queste tre giornate a Roma Tre mi hanno permesso di venire in contatto con l'ambiente universitario e di capire qual è l'atmosfera che si respira al Dipartimento di Fisica, ma soprattutto mi hanno permesso di conoscere quale splendida materia sia la Fisica e i suoi innumerevoli campi d'indagine.

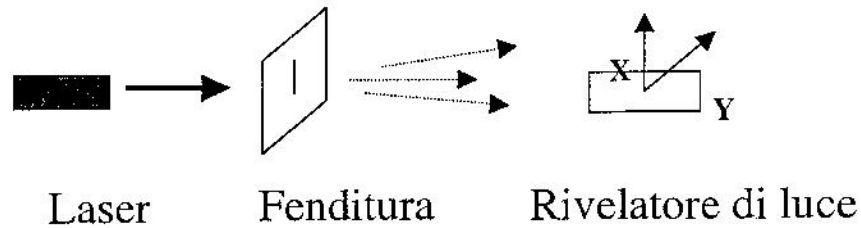
DIFFICOLTÀ INCONTRATE:

Abbiamo riscontrato qualche difficoltà nel prendere le misure, sicuramente a causa della nostra inesperienza nel lavorare con strumenti così sensibili, ed abbiamo quindi dovuto ripetere la prima esperienza facendo maggior attenzione a non compiere errori di parallasse con il micrometro.

RELAZIONE ATTIVITÀ DI LABORATORIO 2

CLASSE 4°B		DATA MAGGIO 2005	
GRUPPO Di Silvestro Monica, Montefredini Roberto, Trovatelli Monica			
TITOLO ESPERIENZA: Diffrazione da una fenditura circolare e determinazione del diametro della fenditura			
OBIETTIVI <ul style="list-style-type: none">•Studiare il fenomeno della diffrazione della luce•Determinazione del diametro di una fenditura circolare		MATERIALE UTILIZZATO <ul style="list-style-type: none">•Banco ottico con 3 cavalieri•Supporto con un laser semiconduttore ($\lambda=6.74 \cdot 10^{-7} \text{ m}$)•Supporto con un rivelatore a stato solido montato su movimenti macrometrici X e Y•Supporto con un porta fenditure•1 placca con fenditura circolare (0.4 mm)• Voltmetro digitale•4 viti per il fissaggio•Computer per l'inserimento dei dati e per la costruzione del grafico•Alimentatore•Brugola•Metro	

SCHEMA DELL'ESPERIENZA



TEMPO IMPIEGATO: 2 Ore

MONTAGGIO ED ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA

Riallineare l'esperimento come nel caso precedente utilizzando una fenditura circolare.

Osservare la figura di diffrazione su un piano lontano dalla fenditura.

Sapendo che per una fenditura circolare l'angolo sotteso dal primo minimo di diffrazione è legato alla lunghezza d'onda della luce e al diametro D della fenditura dalla seguente relazione:

$$D \cdot \sin \theta = \lambda \cdot 1,22 \quad (4).$$

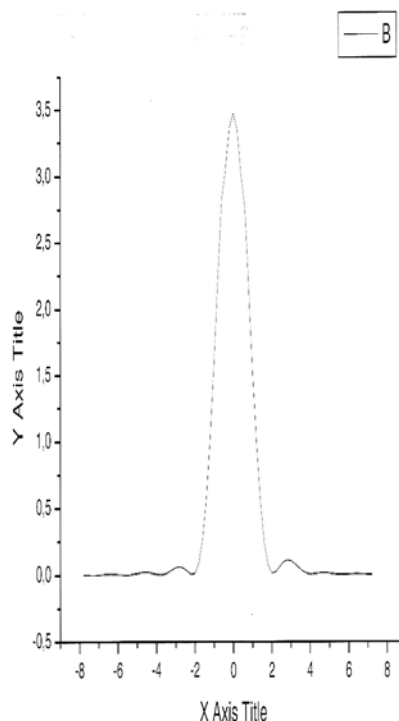
Determinare il diametro della fenditura circolare utilizzando il valore della lunghezza d'onda trovato nella I esperienza.

In pratica: Allineare il rivelatore utilizzando gli stessi criteri della I esperienza e ripetere l'acquisizione dell'intensità luminosa registrata dal rivelatore di luce in funzione di YR . In generale vedrò un numero di minimi e massimi inferiore a quelli della fenditura verticale. In questo caso è sufficiente misurare la figura di diffrazione fino al primo massimo secondario. Dal grafico ottenuto trovare l'angolo θ .

Utilizzando la (4) calcolare il diametro D della fenditura.

TABELLA DEI DATI RACCOLTI E GRAFICO

	A (X)	B (Y)
1	-7,8	0,005
2	-7,6	0,004
3	-7,4	0,002
4	-7,2	0,002
5	-7	0,004
6	-6,8	0,006
7	-6,6	0,008
8	-6,4	0,009
9	-6,2	0,0085
10	-6	0,006
11	-5,8	0,004
12	-5,6	0,002
13	-5,4	0,003
14	-5,2	0,008
15	-5	0,013
16	-4,8	0,019
17	-4,6	0,021
18	-4,4	0,02
19	-4,2	0,013
20	-4	0,007
21	-3,8	0,003
22	-3,6	0,007
23	-3,4	0,019
24	-3,2	0,037
25	-3	0,054
26	-2,8	0,06
27	-2,6	0,05
28	-2,4	0,027
29	-2,2	0,006
30	-2	0,014
31	-1,8	0,09
32	-1,6	0,267
33	-1,4	0,583
34	-1,2	1,031
35	-1	1,594
36	-0,8	2,225
37	-0,6	2,825
38	-0,4	3,05
39	-0,2	3,36
40	0	3,47
41	0,2	3,35
42	0,4	3,01
43	0,6	2,766
44	0,8	2,13
45	1	1,505
46	1,2	0,976
47	1,4	0,542
48	1,6	0,235
49	1,8	0,071
50	2	0,013
51	2,2	0,023
52	2,4	0,06
53	2,6	0,096



CONSIDERAZIONI E RISULTATI DELL'ESPERIENZA:

L'esperienza in sè stessa è risultata essere molto interessante e, nonostante le difficoltà sotto indicate, alla fine molto soddisfacente.

Queste tre giornate a Roma Tre mi hanno permesso di venire in contatto con l'ambiente universitario e di capire qual è l'atmosfera che si respira al Dipartimento di Fisica, ma soprattutto mi hanno permesso di conoscere quale splendida materia sia la Fisica e i suoi innumerevoli campi d'indagine.

DIFFICOLTÀ INCONTRATE:

Abbiamo riscontrato qualche difficoltà nel prendere le misure, sicuramente a causa della nostra inesperienza nel lavorare con strumenti così sensibili, ed abbiamo quindi dovuto ripetere la prima esperienza facendo maggior attenzione a non compiere errori di parallasse con il micrometro.

Personalmente ho effettuato anche un'altra esperienza in sede scolastica, relativa al calcolo della lunghezza d'onda della luce mediante l'utilizzo di un laser.
 Riporto la scheda dell'attività di laboratorio che ho compilato insieme ad alcuni miei compagni.

RELAZIONE DELL'ATTIVITÀ' DI LABORATORIO

CLASSE 4°B		DATA 28/03/2004	
GRUPPO Di Silvestro Monica, Montefredini Roberto, Trovatelli Monica			
TITOLO ESPERIENZA: Determinazione della lunghezza d'onda della luce			
OBIETTIVI		MATERIALE UTILIZZATO	
<ul style="list-style-type: none"> studiare il fenomeno dell'interferenza prodotta da due fenditure. determinare la distanza fra le fenditure, nota la lunghezza d'onda del laser e viceversa. 		<ul style="list-style-type: none"> Laser He-Ne $\lambda=0,6328 \times 10^{-6}\text{m}$ Portadiapositive Diapositiva con 2 fenditure: $d=0,2\text{mm}$ 	
SCHEMA DELL'ESPERIENZA			
TEMPO IMPIEGATO: 2 ore di laboratorio e 2 di elaborazione dei dati e compilazione della relazione			

MONTAGGIO ED ESECUZIONE DELL'ESPERIENZA

Si pone la diapositiva con le due fenditure di spaziatura (d) a qualche cm di distanza dal laser.

Si procede a rilevare la distanza (L) fra la fenditura e lo schermo.

Prodotta la figura di interferenza si è proceduto a rilevare, mediante un calibro, la distanza (Y) tra il massimo centrale della figura di interferenza (fig. 1) e il primo massimo laterale.

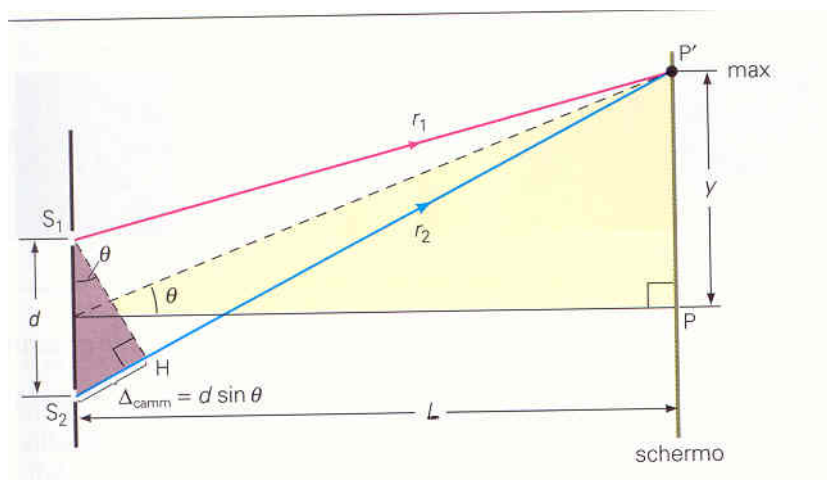
TABELLA DEI DATI RACCOLTI

d = $0,2 \times 10^{-3}$; Ed % = 10 %

Y = $(20,9 \pm 0,05) \times 10^{-3}$ m

L = $(8,29 \pm 0,001)$ m

$\lambda = 0,6328 \times 10^{-6}$ m



ELABORAZIONE DEI DATI RACCOLTI

$$Y = n\lambda \frac{L}{d} \quad \text{poichè } n = 1$$

$$d = \frac{\lambda L}{Y} = \frac{0,6328 \times 10^{-6} \text{ m} \times 8,29 \text{ m}}{20,9 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0,2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$\frac{\Delta Y}{\lambda} = \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta Y}{Y} + \frac{\Delta L}{L} = 0,10$$

$$\lambda = \frac{dY}{L} = \frac{0,2 \times 10^{-3} \text{ m} \times 20,9 \times 10^{-3} \text{ m}}{8,29 \text{ m}} = 0,5800 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda = (0,580 \pm 0,058) \times 10^{-6} \text{ m}$$

CONSIDERAZIONI E RISULTATI DELL'ESPERIENZA

Attraverso le misure eseguite e applicando la relazione (1) si sono confrontati i valori conosciuti di λ e d con quelli ricavati sperimentalmente.

In particolare si è reso grande il più possibile il valore di L per ridurre il contributo del termine $\Delta L/L$ sull'errore totale.

<i>DIFFICOLTA' INCONTRATE</i>
Si è dovuto ripetere più volte la misura di Y in quanto è difficile centrare perfettamente, con il calibro, i massimi d'interferenza.
<i>EVENTUALI OSSERVAZIONI E MODIFICHE PROPOSTE</i>
Aumentare se possibile il valore di L.