

# Relazione Laboratorio

03/12/2021

*Stefano Cecchetti, Matteo Cavalleri, Tommaso Castiglioni, Mirko Mises Cermenio Sanchez*

## Introduzione generale:

Nelle successive pagine tratteremo dell'esperienza di laboratorio effettuata sull'induzione elettromagnetica e sull'ottica, in particolare sulla mutua induzione e interferenza e diffrazione della luce. Il lavoro si è svolto in una prima fase di raccolta dati e poi in una successiva analisi. Dopo aver chiarito gli scopi degli esperimenti basandoci sulle conoscenze apprese, abbiamo calcolato i valori incogniti (che saranno  $M$  nel primo esperimento e  $\lambda$  nel secondo) e ne abbiamo verificato la coerenza con quelli ideali. Riteniamo che in generale i due esperimenti siano andati a buon fine.

## Esperimento 1: MUTUA INDUZIONE

### Cenni teorici:

**Campo magnetico generato da un solenoide:** Facendo passare la corrente elettrica di intensità  $I$  nel filo, si viene a creare un campo magnetico dentro e fuori il solenoide direttamente proporzionale al numero totale delle spire ( $N$ ), all'intensità di corrente ed inversamente proporzionale alla lunghezza del solenoide ( $L$ ). Con  $n = N/L$ :

$$B = n\mu_0 I$$

**Mutua Induzione:** La mutua induttanza (o mutua induzione) è l'induttanza fra due circuiti elettricamente separati, quando il campo magnetico generato da uno esercita una forza elettromotrice sull'altro, e viceversa. La forza elettromotrice indotta nel caso di mutua induttanza si scrive:

$$\mathcal{E}_{em} = -M \frac{di}{dt}$$

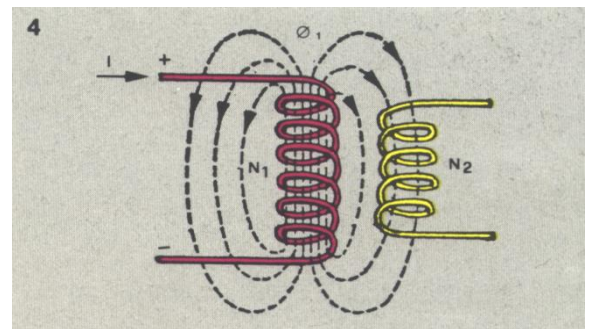
dove  $M$  è chiamato coefficiente di mutua induttanza ed è dimensionalmente uguale ad un'induttanza (unità di misura: Henry). Con  $B$ , campo magnetico generato da un solenoide, si ha:

$$B = \frac{N\mu i(t)}{R}$$

con  $R$ , raggio solenoide. Infine, il coefficiente  $M$ , ha equazione:

$$M = \frac{\mu N_1 N_2 \pi R_1^2}{2R_2}$$

in quanto,  $M$  dipende dalla induzione di due solenoidi con raggi diversi ( $R_1$  e  $R_2$ ). Si nota che  $M$ , non dipende dalla corrente, ma solo dalla geometria.



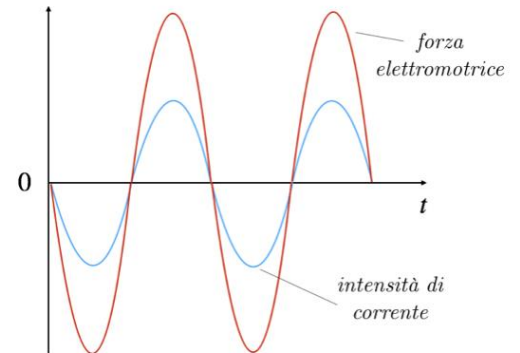
**Corrente/tensione alternata:** La corrente alternata è un tipo di corrente elettrica nella quale il flusso di elettroni inverte la propria direzione continuamente nel tempo. A differenza della corrente continua in cui il flusso degli elettroni è unidirezionale, in corrente alternata il flusso di elettroni inverte la propria direzione, con un'alternanza che avviene con frequenza fissa ( $\omega$ ). Ciò comporta a scrivere l'equazione della corrente con una espressione sinusoidale:

$$I = I_0 \sin(\omega t)$$

Per la prima legge di Ohm:  $fem = I * R$  (dove  $R$  = resistenza elettrica).

Si ha una espressione sinusoidale anche per la tensione:

$$fem = \varepsilon_0 \sin(\omega t)$$



### **Obiettivo:**

Partendo da una tensione variabile sinusoidalmente e da una frequenza anch'essa regolabile su un circuito, indurre corrente in un secondo circuito (con un diverso numero di spire) e ricavare il coefficiente di mutua induzione tra i due.

### **Apparato sperimentale:**

Per questo esperimento avevamo a disposizione due bobine: la prima bobina (**circuito primario** dove passerà corrente) avente raggio  $R_1$  e 200 spire. La seconda bobina (**circuito secondario** corrente indotta) avente raggio  $R_2$  e 2000 spire ( $R_2 < R_1$ ). Entrambe le bobine erano state collegate, tramite due cavi (uno nero e uno rosso, ben visibili dalle foto), ad un computer dove vi era installato un software che misurava la tensione all'interno delle bobine. Sempre al computer era collegato anche un generatore di corrente alternata controllabile attraverso lo stesso programma di misurazione. Il programma mostrava il grafico di entrambe le tensioni (verde tensione nel circuito primario, rosso la tensione indotta nel secondario) con il quale si poteva interagire per poter ricavare i valori della tensione lungo le sinusoidi. Si sono rivelati utili anche dei nostri quaderni.

#### **Collegamenti**

->



Bobina **circuito 1**

->



Bobina **circuito 2**

->



## Procedimento e analisi dati:

Dopo aver preparato correttamente i dispositivi necessari, abbiamo fatto passare corrente nel **circuito 1** scegliendo tra le varie forme d'onda periodica disponibili. Per effettuare le nostre considerazioni abbiamo usato quasi sempre la forma d'onda sinusoidale classica. In seguito, riportiamo un'analisi qualitativa di alcuni fenomeni osservati con le relative spiegazioni.

## Qualitativo:

Prima di procedere con le misurazioni vere e proprie, abbiamo osservato qualitativamente l'andamento della tensione indotta (osservando il grafico che restituiva il software) introducendo il **circuito 2** all'interno del **circuito 1** in varie posizioni e inclinazioni. Ciò che abbiamo osservato può essere suddiviso in due prove:

- spostando il **circuito 2**, con la normale rivolta verso l'alto, da una posizione centrale ad una prossima ai bordi, si constatava un aumento della tensione indotta (come si può ben vedere dalle figure in basso). Questo poiché l'intensità di  $B$  aumenta al diminuire della distanza, quindi diviene maggiore se avvicinato al suo generatore (**circuito 1**).
- inclinando la normale del **circuito 2**, la tensione indotta diminuiva ed in particolare: se era inclinata di 90 gradi la tensione indotta era prossima a zero mentre se veniva inclinata di 180 gradi il valore della tensione cambiava di segno.

Infine, con lo scopo di osservare il diverso andamento della tensione indotta, abbiamo cambiato la forma d'onda in ingresso al primario, passando dall'andamento sinusoidale a quello quadro e, successivamente, al dente di sega. Nei punti dove teoricamente non sarebbe possibile derivare (ad esempio nell'onda quadra quando avviene il cambio tra una tensione positiva e negativa e/o viceversa), nella realtà abbiamo osservato:

- nel grafico del **circuito 1** delle variazioni non nette, rendendo le curve derivabili e continue in tutti i punti (dato che ogni circuito reale avrà una sua induttanza e ciò impedisce di avere variazioni istantanee e quindi funzioni discontinue);
- nel grafico del **circuito 2** dei picchi in corrispondenza delle variazioni di tensione (dato che la tensione nel secondo è data dalla derivata di  $i_0$  nel tempo).

Inoltre, si nota che i due grafici sono sfasati di un fattore  $\pi/2$  essendo, come spiegato prima, l'uno la derivata dell'altro (uno è un seno e la sua derivata è quindi un coseno).

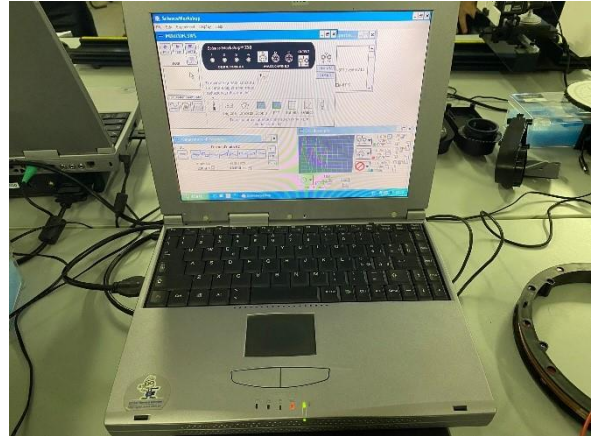


Figura 1

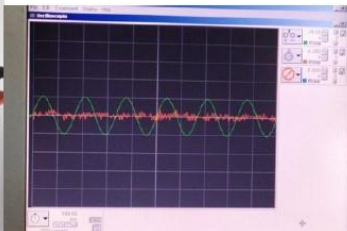
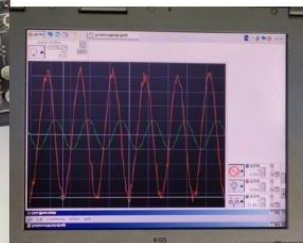


Figura 2



## Quantitativo:

Per effettuare le misurazioni abbiamo cercato di collocare la spira il più possibile al centro del **circuito primario** con la normale perfettamente perpendicolare rispetto al banco di lavoro (la posizione finale voluta

è quella riportata dalla [figura 3](#)). Per quest'ultimo scopo, abbiamo appoggiato il supporto della spira su un sostegno (alcuni nostri quaderni). Dopodiché abbiamo effettuato due set di misurazioni impostando

nel **primario** la tensione nominale di 1,00 V (prime 4 righe della [Tabella 1](#)) e successivamente di 2,00 V (ultime 4 righe della [Tabella 1](#)). Per ogni tensione primaria abbiamo poi variato la frequenza impostando i valori in [Tabella 1](#) (10, 20, 30 e 40 Hz). Una volta settati i parametri in ingresso al **circuito primario**, abbiamo in primo luogo osservato l'andamento grafico. Per farlo al meglio abbiamo regolato la scala di misura sugli assi poiché, soprattutto per le frequenze più alte, poteva risultare poco comprensibile (data la presenza del rumore elettromagnetico).



[Figura 3](#)

In seguito, con il cursore presente nel software, abbiamo misurato i valori dei massimi sia della tensione **primaria** (quella reale non risulta essere quella nominale) che della tensione **indotta** (precisiamo che le due tensioni registrate anche visibili in [figura 1 e 2](#), sono su scale diverse, per questo motivo era necessario usare il cursore facendo attenzione a non far confusione tra i due). Siccome non si può essere estremamente precisi nel posizionare il cursore nella posizione perfetta, abbiamo deciso di effettuare 4 misurazioni di picchi diversi per ogni tensione indotta per poi farne la media (come riportato in [Tabella 1](#)).

Frequenza [Hz]	Voltaggio massimo <b>circuito primario</b> $V_0$ [V]	Media voltaggio indotto nel <b>secondario</b> [V]	Corrente <b>circuito primario</b> $i_0$ [A]	M sperimentale [H]
10	2,29	0,02325	0,115874	0,003193522
20	2,523	0,03225	0,1276638	0,002010319
30	2,43	0,04375	0,122958	0,0018877
40	2,29	0,05325	0,115874	0,001828549
10	5,257	0,03425	0,2660042	0,002049298
20	5,14	0,06725	0,260084	0,002057698
30	4,79	0,08275	0,242374	0,001811314
40	4,556	0,10725	0,2305336	0,001851126

[Tabella 1](#)

Il valore della corrente del primario  $i_0$  è stato calcolato attraverso la formula:  $i_0 = r * V_0$

Dove  $r = 0,0506$  (costante fornita dal relatore quando ha introdotto l'esperimento in questione).

### **Calcolo M:**

Per calcolare il valore di M è possibile usare due metodi, noi per completezza li riporteremo entrambi commentandoli appropriatamente. Però, per iniziare, dato che M teoricamente dovrebbe dipendere solo dalla geometria degli strumenti usati, spieghiamo come calcolare l'M teorico.

Calcoliamo una previsione del coefficiente di mutua induzione (M) tramite le conoscenze teoriche:

calcoliamo come prima cosa il campo magnetico generato dalla bobina B tramite la formula:

$$B_1 = \frac{N_1 \mu_0 i_1(t)}{2R_1}$$

In secondo luogo, calcoliamo il flusso di questo campo attraverso la spira di raggio  $R_2$  assumendo  $B$  costante e si ricava:

$$\Phi(B_1) = \frac{N_1 \mu_0 i_1(t)}{2R_1} \pi R_2^2 N_2$$

Infine, tramite due diverse definizioni di forza elettromotrice indotta (fem):

$$fem = - \frac{d\Phi(B_1)}{dt} \qquad fem = -M \frac{di_1}{dt}$$

ricaviamo la formula usata per trovare una stima teorica di  $M$  trovando il valore 0,0016965 H.

### **Metodo 1 (di calcolo attraverso i dati sperimentali):**

Definiamo la corrente variabile all'interno della bobina di raggio  $R_1$  come:

$$i_1 = i_0 \cos(\omega t)$$

sappiamo poi che la forza elettromotrice indotta si può scrivere come:

$$fem = -M \frac{di_1}{dt}$$

derivando poi l'espressione della corrente  $i_1$  rispetto al tempo si trova l'equazione:

$$fem = Mi_0 \omega \sin(\omega t)$$

definendo ora il parametro  $Mi_0\omega$  come il valore di picco della tensione indotta si otterrà la funzione variabile nel tempo della tensione indotta nella bobina.

Avendo ricavato sperimentalmente i vari picchi della tensione indotta, e tramite la relazione:

$$M = \frac{f_0}{2\pi i_0 \nu}$$

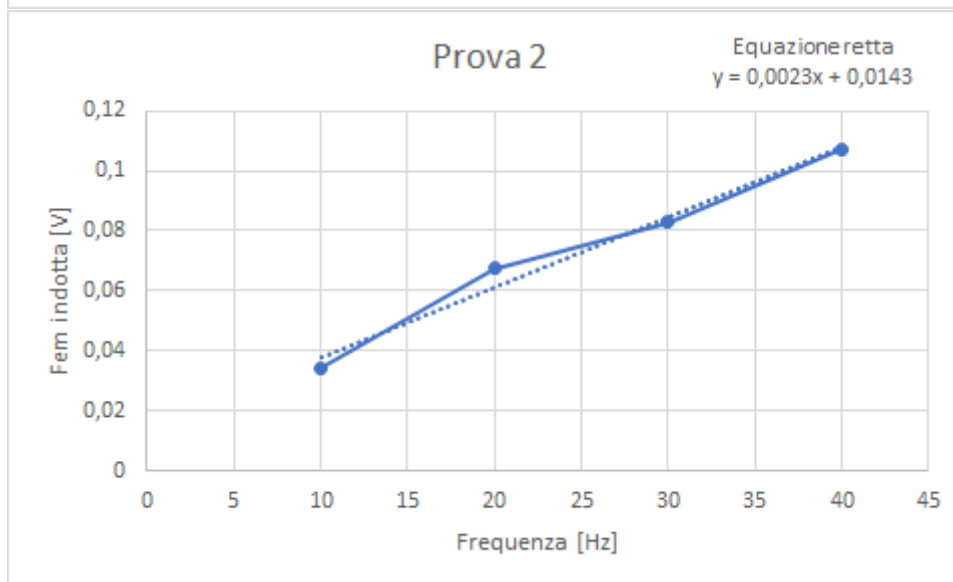
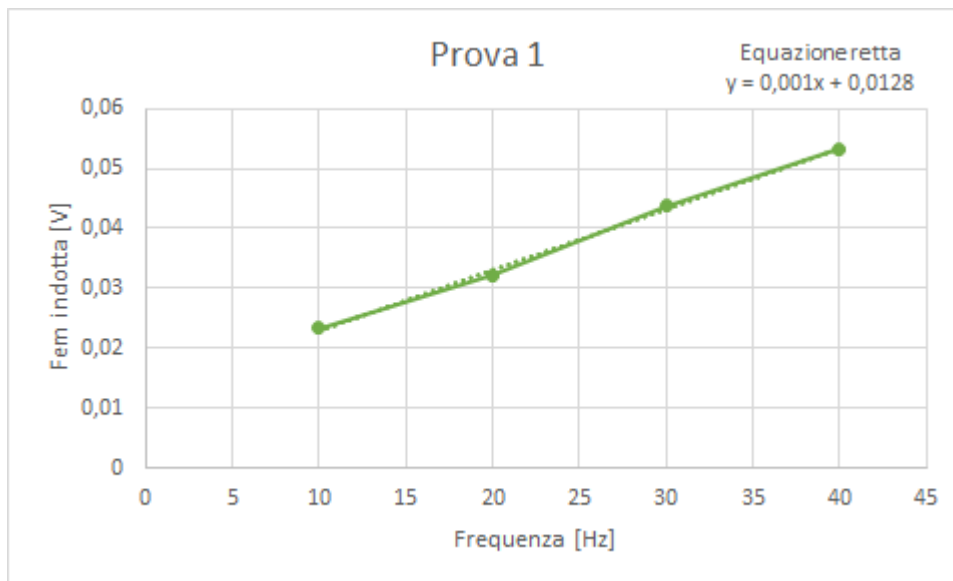
ricaviamo  $M$  per ogni misura (come riportato in [Tabella 1](#)). Facendo poi una media fra esse risulta un  $M = 0,002086191$  H.

### **Metodo 2:**

Vi è anche un secondo metodo per ricavare  $M$ , ovvero attraverso un grafico fra i valori di picco della tensione indotta e la frequenza in ingresso nel [circuito 1](#). Facendo un fit lineare, l'intercetta (coefficiente angolare) risulta:

$$Mi_0 2\pi$$

Dal quale è possibile ricavare facilmente il valore di  $M$  data  $i_0$  (nota da valore iniziale sperimentale, riportato dalla [tabella 1](#)).



M [H] secondo metodo	
0,001373558	0,001376171
0,001246709	0,001407496
0,001294423	0,00151034
0,001373558	0,001587912

*Tabella 2*

In questo caso l'M medio risulta essere di 0,001396271 H.

Se ora facciamo una media tra l'M calcolato col primo metodo e quello calcolato col secondo, risulta un coefficiente di 0,001741231 H, molto simile alla previsione teorica.

**Conclusione:** Il risultato finale si discosta leggermente dalla teoria dato che:

- abbiamo presupposto B costante in ogni punto
- non abbiamo considerato il coefficiente di permittività magnetica dell'aria
- anche se abbiamo usato quanta più attenzione possibile, le normali delle due bobine potrebbero non essere perfettamente parallele
- la posizione potrebbe non essere perfettamente centrata
- la presenza del rumore elettronico durante la misura dei  $\Delta V$

In ogni caso, abbiamo raggiunto lo scopo della prova e di abbiamo calcolato un M molto plausibile avendo a disposizione una strumentazione accurata.



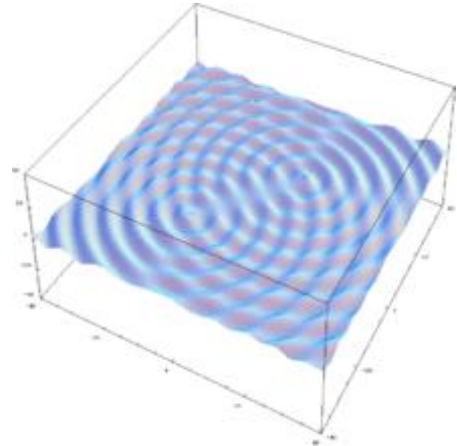
## Esperimento 2: DIFFRAZIONE E INTERFERENZA

### Cenni teorici:

**Interferenza:** L'interferenza, in fisica, è un fenomeno dovuto alla sovrapposizione, in un punto dello spazio, di due o più onde. Quello che si osserva è che l'intensità (o ampiezza) dell'onda risultante in quel punto può essere diversa rispetto alla somma delle intensità associate ad ogni singola onda di partenza; in particolare, essa può variare tra un minimo, in corrispondenza del quale non si osserva alcun fenomeno ondulatorio, ed un massimo che in generale non coincide con la somma delle intensità.

Il termine viene usualmente utilizzato per parlare di interferenza tra due onde coerenti, di norma provenienti dalla stessa sorgente. I fenomeni di interferenza che si osservano quotidianamente possono essere ad esempio quelli che riguardano le increspature che si formano su uno specchio d'acqua (figura a destra), oppure i battimenti tra onde sonore.

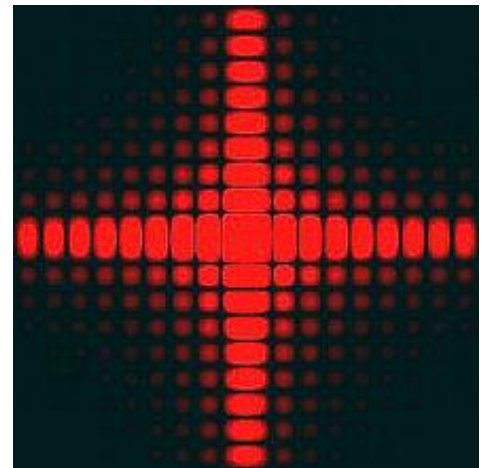
La differenza di cammino  $\Delta l = d \sin \theta$ , con  $d$  = distanza tra due sorgenti, è lo spazio aggiunto che percorre un raggio di luce rispetto ad un altro (ciò verrà spiegato ed illustrato in dettaglio con la doppia fenditura di Young).



### Diffrazione:

La diffrazione, in fisica, è un fenomeno associato alla deviazione della traiettoria di propagazione delle onde quando queste incontrano un ostacolo sul loro cammino. È tipica di ogni genere di onda, come il suono, le onde sulla superficie dell'acqua o le onde elettromagnetiche come la luce o le onde radio; il fenomeno si verifica anche nelle particolari situazioni in cui la materia mostra proprietà ondulatorie, in accordo con il dualismo onda-particella (fisica quantistica).

Gli effetti di diffrazione sono rilevanti quando la lunghezza d'onda è comparabile con la dimensione dell'ostacolo/fenditura: in particolare per la luce visibile (lunghezza d'onda attorno a  $0,5 \mu\text{m}$ ) si hanno fenomeni di diffrazione quando essa interagisce con oggetti di dimensione sub-millimetrica. Prendendo come esempio il laser, si osserva: (figura sopra a destra)

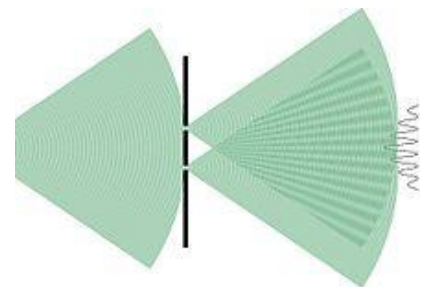


Nella diffrazione, non si tiene in considerazione la distanza tra le fenditure, ma bensì lo "spessore" della fenditura, che indicheremo con  $a$ . Lo spessore della fenditura  $a$  ha l'ordine del nanometro ( $10^{-9}\text{m}$ )

### Doppia fenditura di Young:

Si considera il caso di due fenditure; per semplicità, il problema verrà trattato limitatamente ad una sezione piana ortogonale allo schermo e passante per le due aperture (vedi figura a destra).

Quello che interessa ai fini della trattazione è come si distribuisce l'intensità luminosa sulla lastra, e quindi capire come questa varia tra i massimi e i minimi. La condizione di campo lontano, necessaria per poter trattare le due fenditure come puntiformi, consente di affermare che i vettori  $\mathbf{r}_1$  e  $\mathbf{r}_2$  congiungenti le due



aperture con il punto P della lastra in cui si intende valutare l'intensità possono essere considerati paralleli in prossimità delle fenditure. La differenza di cammino ottico, ossia la lunghezza in più che la prima onda percorre rispetto alla seconda prima di giungere in P, può essere dunque approssimata nel seguente modo:

$$\Delta l = |r_1 - r_2| = d \sin \theta$$

Prendendo ora in considerazione le leggi che descrivono l'andamento, ad esempio del campo elettrico, per le due onde che partono dalle fenditure si ha:

$$E_1 = E_0 \cos(kr_1 - \omega t) \quad E_2 = E_0 \cos(kr_2 - \omega t) ,$$

L'interferenza delle due perturbazioni in P, ad esempio in  $t=0$ , si deduce subito dalle formule di prostaferesi:

$$E = E_1 + E_2 = 2E_0 \cos \frac{k(r_1 + r_2)}{2} \cos \frac{k(r_1 - r_2)}{2} \approx 2E_0 \cos \frac{k(r_1 + r_2)}{2} \cos \frac{kd \sin \alpha}{2} .$$

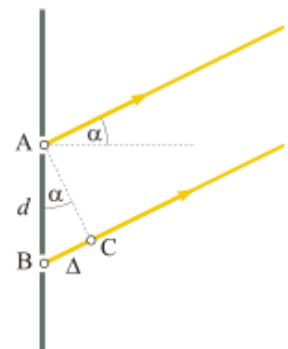
si può supporre che i raggi siano uguali e che la loro somma sia il doppio di uno dei due.

La figura di interferenza è legata all'intensità del campo incidente la lastra, che è direttamente proporzionale al quadrato dell'ampiezza del campo elettrico. Quindi:

$$I_1 \propto E_1^2, I \propto E^2 \quad \Rightarrow \quad I = 4I_1 \cos^2 \frac{kd \sin \alpha}{2}$$

è la relazione che esprime l'intensità in funzione dell'angolo (o se si preferisce, in funzione della differenza di cammino ottico) e dell'intensità dell'onda che incide sullo schermo. Evidentemente, quando la differenza di cammino ottico è pari ad un multiplo intero della lunghezza d'onda.

$$\sin \alpha = \frac{n\lambda}{d} \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$



I due campi interferiscono in fase, l'interferenza è costruttiva e si osserva un massimo nella figura di interferenza. Viceversa, quando tale differenza coincide con un multiplo dispari di mezza lunghezza d'onda:

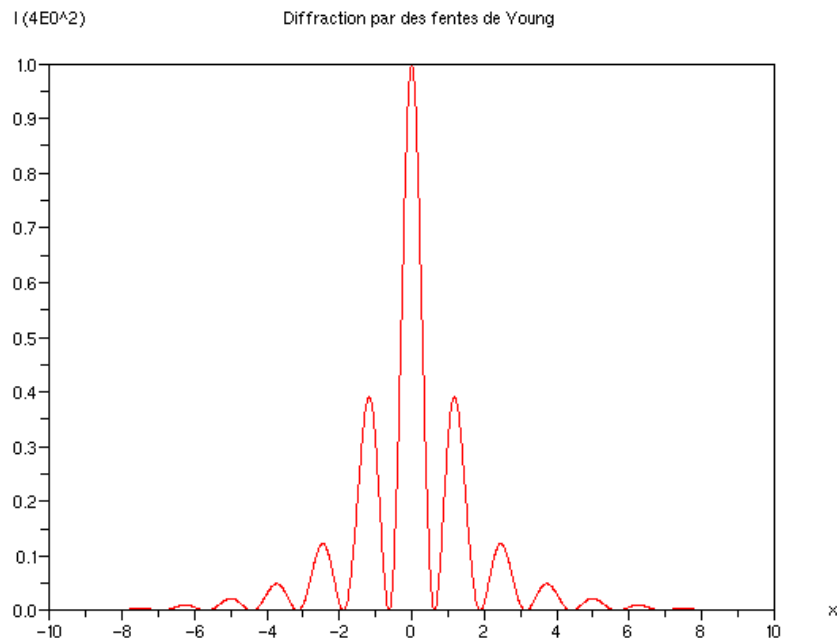
$$\sin \alpha = \frac{n\lambda}{2d} \quad n = \pm 1, \pm 3, \dots$$



Per piccoli angoli, e prendendo in considerazione la distanza  $L$  tra fenditure e schermo. Si ha la distanza lineare  $\Delta x$  dal massimo centrale ( $n=0$ )

$$\Delta x = \frac{L\lambda}{d}$$

Il grafico che si ottiene da questa esperienza è il seguente (sovrapposizione del grafico di interferenza e di diffrazione):



### **Obiettivo:**

Riproporre gli esperimenti di interferenza e diffrazione e ricavare la lunghezza d'onda della luce emessa dal laser a disposizione confrontarla col dato fornito dalla casa produttrice di 650 nm.

### **Apparato sperimentale:**

Per questo esperimento avevamo a disposizione un sistema composto da:

- un laser ottico emanante onde luminose di lunghezza d'onda  $\lambda=650$  nm
- due diverse tipologie di fenditure: doppia con distanza fra le fenditure variabili (0,125mm; 0,25mm; 0,5mm) e singola, entrambe con ampiezza variabile misurata e indicata su esse (0,02mm; 0,04mm; 0,08mm; 0,16mm)
- un sensore ottico con schermo

Tutti e tre erano posti su un binario di metallo graduato. I primi due elementi erano in grado di scorrere sul binario, mentre l'ultimo era fisso in fondo alla guida. In questo modo era possibile porre fenditura e laser alle distanze desiderate (le fenditure erano poste tra il laser e il sensore). Inoltre, il sensore aveva la possibilità di regolare il gain, ovvero il campionamento, tra i valori di 10 e 100 [campioni/s]. Tutto questo sistema era infine collegato ad un computer (lo stesso del primo esperimento) con all'interno installato un software utilizzato per misurare le figure di interferenza e crearne poi un grafico.

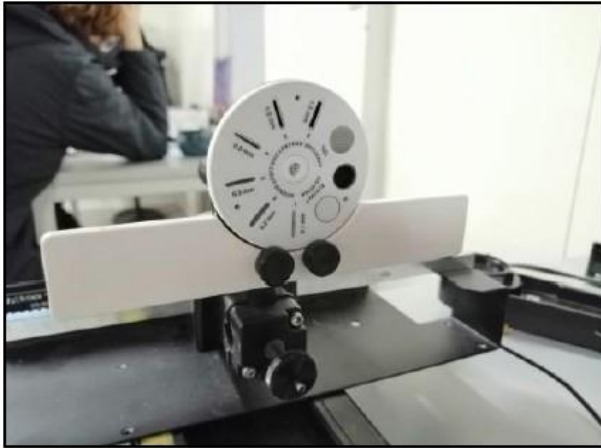
supporti per le fenditure ->



Laser ->



Sensore ottico con schermo;



### **Procedimento e analisi dati:**

Per prima cosa abbiamo posizionato il laser ad una distanza di 0,70 m (L) dal sensore ottico. Dopodiché, abbiamo inserito nel binario tra il laser e il sensore il supporto delle fenditure (nel primo caso per la diffrazione abbiamo usato le fenditure singole, nel secondo le doppie fenditure di spessore  $a$  e distanti  $D$  dei valori riportati in [tabella 2](#)). Successivamente abbiamo regolato l'altezza del laser e del sensore in modo che risultassero sullo stesso piano (ciò per entrambe le prove).

Abbiamo quindi proseguito con la lettura tramite il sensore dell'interferenza, facendolo scorrere a velocità bassa sui binari in modo da fargli captare tutti i picchi di luce, misurarne le proprietà e, tramite software, crearne un grafico visibile a schermo.

Sia per la rifrazione sia per l'interferenza, abbiamo effettuato più misure variando di volta in volta sia la distanza tra le fenditure sia lo spessore delle fenditure stesse (dati in [tabella 1 e 2](#)). Per ogni misura, il programma registrava il grafico dell'intensità di luce rispetto alla posizione. Abbiamo quindi calcolato la distanza tra i minimi di intensità del picco centrale (nel caso della diffrazione) tramite il cursore del software ( $\Delta x$ ).

Siccome i grafici dell'interferenza e della rifrazione risultano piuttosto diversi, abbiamo misurato tali massimi in modo diverso. Per la diffrazione abbiamo misurato la distanza tra solo i minimi del picco centrale ([figura 1](#)). Il grafico dell'interferenza, invece, era ben diverso. Presentava un andamento simile alla diffrazione (dato che non è possibile realmente avere fessure con  $a$  infinitesimo), ma con picchi di segnale all'interno nel picco centrale (come ben visibile in [figura 2](#)). Abbiamo così misurato l'ampiezza del massimo centrale (dovuta alla diffrazione) e abbiamo poi diviso l'intervallo calcolato per il numero di picchi al suo interno. Essendoci molti picchi ed essendo la distanza tra essi la medesima, abbiamo potuto fare delle misurazioni più precise e di avere una media risultante più vicina al valore reale di lunghezza d'onda. Le formule usate per calcolare i risultati le spiegheremo in modo più analitico qua sotto.

#### ***Prova 1 diffrazione:***

<b>a [mm]</b>	<b><math>\Delta x</math> [cm]</b>	<b><math>\lambda</math> [nm]</b>
0,02	4,307	615,286
0,04	2,235	638,571
0,08	1,049	599,429
0,16	0,597	682,286

[Tabella 1](#)

### Prova 2 interferenza:

a (mm)	D [mm]	$\Delta x$ (cm)	N° picchi	$\Delta x$ medio $\forall$ picco	$\lambda$ [nm]
0,08	0,5	1,001	10	0,1001	715
0,08	0,25	1,204	5	0,2408	860
0,04	0,5	1,928	22	0,087636364	625,974
0,04	0,25	1,996	10	0,1996	712,857
0,04	0,125	0,904	3	0,301333333	538,095

Tabella 2

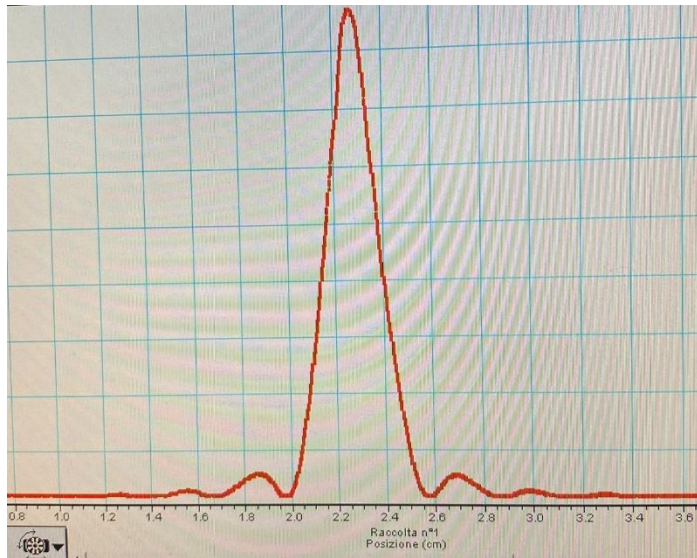


Figura 1

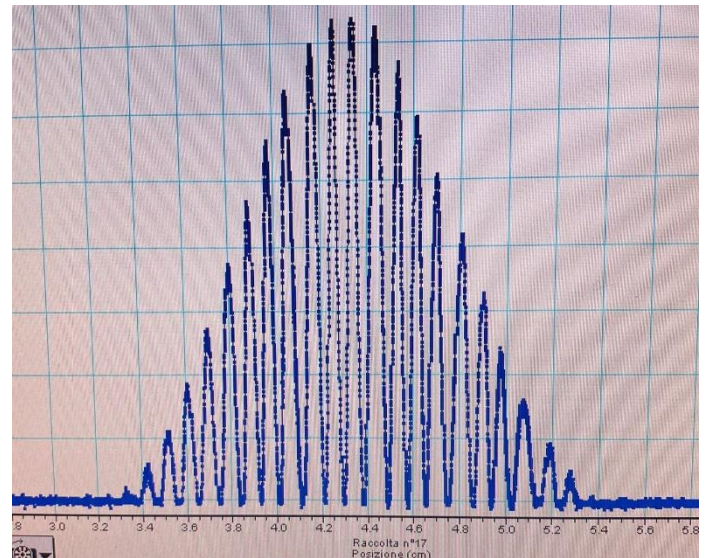


Figura 2

### Calcolo $\lambda$ :

#### Interferenza:

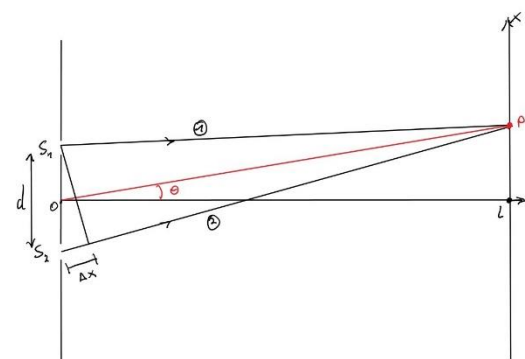
Sapendo che durante il procedimento di interferenza si avrà interferenza costruttiva o interferenza distruttiva e sapendo anche che all'interno del grafico si avranno massimi e minimi alternati a seconda della presenza di una o dell'altra, possiamo ora ricavare, tramite formula, le due condizioni per far sì che ci sia interferenza costruttiva (max) o distruttiva (min). Definiamo prima n numero intero:

$$\Delta x_{max} = n\lambda \quad \Delta x_{min} = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$$

Grazie a queste formule e sapendo che per un qualsiasi angolo  $\theta$ , è possibile ricavare la differenza di cammino fatto dalle due onde luminose tramite la relazione (abbiamo considerato  $\theta$  infinitesimi, quindi  $\tan \theta$  è approssimabile a  $\sin \theta$ ):

$$d \sin \theta_{max} = n\lambda \quad d \sin \theta_{min} = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$$

Possiamo, quindi, ricavare una relazione fra le varie distanze dei massimi e dei minimi (per i calcoli sono stati utilizzati i minimi) e la lunghezza d'onda  $\lambda$ :



$$\Delta x_{max} = \Delta x_{min} = x_{n+1} - x_n = \frac{L\lambda}{d}$$

Ne segue che

$$\lambda = \frac{\Delta x_{min} d}{L}$$

Potendo ora misurare queste distanze sperimentalmente tramite il programma sul portatile possiamo ricavare  $\lambda$  per ogni misura facendone poi una media (da [tabella 1](#)) uguale a 690 nm.

### **Diffrazione:**

Per il caso della diffrazione valgono trattazioni analoghe a quelle scritte sopra con l'unica differenza che la relazione fra distanza di massimi e di minimi e la lunghezza d'onda è

$$\Delta x_{max} = \Delta x_{min} = \frac{2L\lambda}{a}$$

La media dei valori ricavati dalle diverse misure (da [tabella 2](#)) è 633 nm.

### **Conclusione:**

La media ricavata dalle due esperienze è molto simile al valore atteso (la media fra i due risultati risulta di 661 nm, molto vicino al teorico dato dall'azienda costruttrice di 650 nm). I dati nelle singole misurazioni si discostano maggiormente dal valore atteso teorico poiché vi sono alcuni fattori che ne hanno influenzato la corretta misurazione. Tra questi citiamo i maggiori:

- Il gain (campionamento) basso. Essendo infatti la misura campionata, è indispensabile procedere a velocità bassa e costante per permettere al sensore di registrare i dati il più omogeneamente possibile e relazionarli alla posizione in modo migliore.
- Arrotondamento dati nelle misurazioni e nei calcoli data la trattazione di ordini di grandezza molto bassi (soprattutto riferiti ai calcoli).

Abbiamo raggiunto lo scopo della prova e abbiamo calcolato una  $\lambda$  plausibile avendo a disposizione una strumentazione molto accurata.