

## ESPERIENZA N.2 – RETICOLO DI DIFFRAZIONE

Data: 11 - 05 - 2020

### 1. OBIETTIVI

L'esperienza in oggetto ha lo scopo di determinare il passo  $d$  di un Compact Disc, valutato come un reticolo sfruttando il fenomeno di diffrazione da  $N$  fenditure.

### 2. PREMESSA TEORICA

Si osserva che la propagazione di un'onda attraverso un ostacolo può essere descritta dal principio di Huygens. In particolare, definendo  $a$  come la dimensione dell'ostacolo e  $\lambda$  la lunghezza d'onda di un fascio luminoso coerente che lo attraversa, con  $a$  e  $\lambda$  confrontabili tra loro, la propagazione dell'onda attraverso tale ostacolo non avviene in modo rettilineo bensì come onde sferiche in fase. Si nota inoltre che nel caso in esame la sorgente luminosa è posta a distanza, molto grande e variabile,  $L$  da uno schermo sul quale si forma la figura di diffrazione (diffrazione di Fraunhofer) (Figura 1).

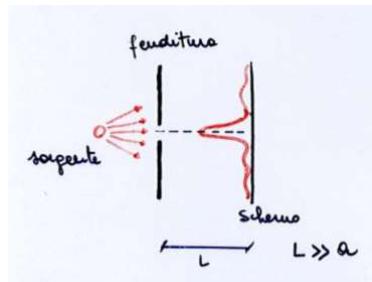


Figura 1 Diffrazione di Fraunhofer ottenuta con una fenditura

Nel caso di  $N$  fenditure puntiformi, equispaziate ed in fase considerando ognuna di esse come sorgente, si osserva che la differenza di fase  $\delta$  fra l' $n$ -esima sorgente e quella immediatamente adiacente si ottiene con la seguente espressione:

$$\delta = 2\pi \frac{d \sin\theta}{\lambda}$$

In cui l'angolo  $\theta$  è definito come il rapporto tra  $z$  (distanza tra il punto centrale dell' $n$ -esimo picco della figura di diffrazione ed il massimo centrale) ed  $L$ .

Nello specifico si nota che i primi due massimi principali in cui si ha interferenza costruttiva, corrispondenti all'angolo  $\theta_M$ , possono essere correlati al passo  $d$  del reticolo di diffrazione tramite la seguente relazione:

$$\sin\theta_M = \frac{\lambda}{d}$$

### 3. MATERIALI E STRUMENTAZIONE

- PRIMA CONFIGURAZIONE:
- Raggio laser (rosso);
- Supporto per il puntatore laser;
- CD senza pellicola adesiva;
- Fogli di carta;
- Supporto per il CD;
- Specchio;
- Metro;
- Filo a piombo.
- SECONDA CONFIGURAZIONE:
- Puntatore laser rosso;
- CD senza pellicola in alluminio;
- Fogli di carta;
- Supporto per puntatore laser;
- Morsa;
- Specchietto;
- Metro a nastro



Figura 2 Apparato strumentale (configurazione 1)

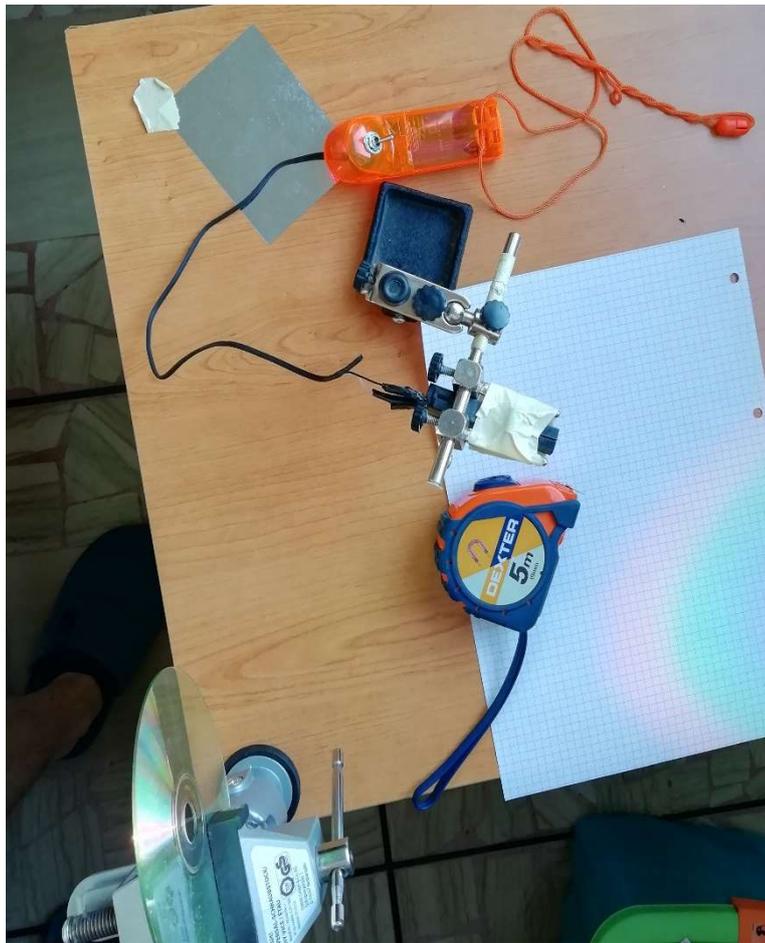


Figura 3.1 Apparato strumentale (configurazione 2)

#### 4. PROCEDURA SPERIMENTALE

Per studiare il fenomeno della diffrazione da N fenditure si è utilizzato un Compact Disc senza pellicola adesiva sulla faccia superiore in modo da poter studiare tale fenomeno in trasmissione. La struttura del CD è infatti costituita da una spirale continua di passo costante, ossia la traccia stessa su cui vengono immagazzinati i bit, dell'ordine della lunghezza d'onda della luce visibile.

Nello specifico si è utilizzato un laser monocromatico rosso, in seguito ad alcune ricerche bibliografiche la lunghezza d'onda  $\lambda$  dello stesso è stata stimata  $650 \pm 1$  nm. In primo luogo si è provveduto quindi a puntare il laser verso lo schermo avendo cura che il fascio fosse perpendicolare ad esso. Per verificare l'esatto allineamento si è utilizzato uno specchio, puntando il raggio verso di esso, infatti, si è verificato che il raggio riflesso dallo specchio stesso tornasse esattamente nel punto di partenza (Figura 3).

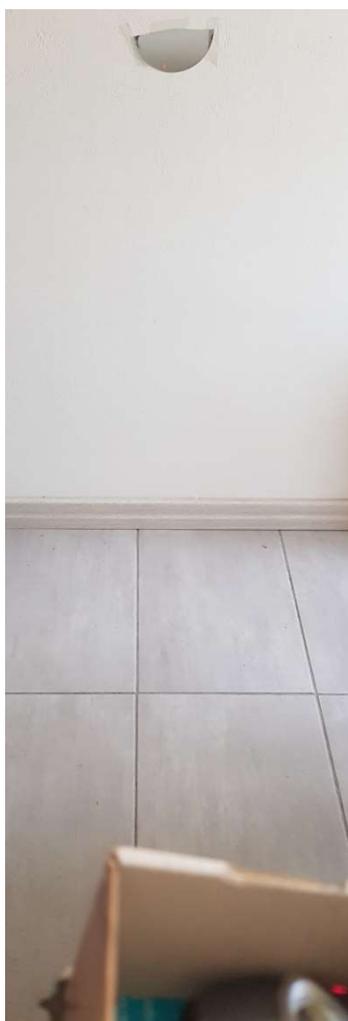


Figura 4 Verifica della corretta parallasse tra laser incidente e schermo tramite lo specchio

Successivamente si è frapposto tra la sorgente laser e lo schermo il CD senza pellicola, avendo cura di posizionare anch'esso perpendicolarmente rispetto al raggio laser nonché parallelo allo schermo. Analogamente al caso precedente, per ottenere la perpendicolarità del sistema, si è osservato che il picco principale riflesso dal CD stesso tornasse esattamente nel punto di partenza (Figura 4).



Figura 5 Set-up sperimentale per la verifica della corretta parallasse tra laser, schermo e CD

Si nota inoltre che la sorgente è stata posta più vicina possibile al reticolo di diffrazione, in tal modo si mantiene l'area circolare interessata, quindi colpita direttamente dal fascio laser, con raggio di circa un millimetro. Si è verificato, inoltre, che il raggio laser incidesse il più possibile verso il bordo esterno del CD. Quest'ultimo accorgimento è stato utile in quanto, date le piccole dimensioni dell'area colpita, si può assumere che le tracce in quel punto siano sensibilmente rettilinee e parallele per cui il sistema si comporta come un reticolo di diffrazione piano che lavora, appunto, in trasmissione.

In seguito ad aver allineato il sistema ed aver seguito gli accorgimenti sopracitati si è ottenuta la figura di diffrazione sullo schermo (Figura 5, Figura 5.1), in questo modo si può misurare la distanza  $L$  tra schermo e CD nonché la lunghezza tra massimo centrale e picchi principali.



Figura 6 Figura di diffrazione (configurazione1)



Figura 7.1 Figura di diffrazione (configurazione 2)

## 5. MISURAZIONI EFFETTUATE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Nei calcoli che seguono è stata considerata la lunghezza d'onda del laser utilizzato pari a  $650 \pm 1$  nm.

### PRIMA CONFIGURAZIONE

Le misurazioni sono state effettuate variando la distanza  $L$  dallo schermo, sono riportate in dettaglio tali distanze nella Tabella 1.

Tabella 1 distanza  $L$  dallo schermo

	L [cm]	incertezza [cm]
<b>I set</b>	40,5 ±	0,1
<b>II set</b>	99,0 ±	0,1
<b>III set</b>	115,9 ±	0,2
<b>IV set</b>	180,0 ±	0,3
<b>V set</b>	202,1 ±	0,5

Vengono di seguito riportati (Tabella 2) i dati utilizzati per il calcolo di  $\sin\theta$ . Nello specifico per ogni set vengono indicati i picchi principali di destra e di sinistra rispettivamente con le lettere A e B.

Tabella 2 calcolo di  $\sin\theta$

	$z$ [cm]	$err$ [cm]	$\theta = \arctan(z/L)$ --	$err$ --	$\sin\theta$ --	$err$ --	$z/L$ --	$err$ --
<b>I set</b>								
A	19,3	± 0,2	0,445	± 0,004	0,430	± 0,004	0,476	± 0,005
B	20	± 0,3	0,459	± 0,006	0,442	± 0,006	0,493	± 0,008
<b>II set</b>								
A	48	± 0,2	0,4515	± 0,0017	0,4362	± 0,0015	0,484	± 0,002
B	48,5	± 0,2	0,4556	± 0,0017	0,4399	± 0,0015	0,489	± 0,002
<b>III set</b>								
A	56,7	± 0,2	0,4549	± 0,0015	0,4394	± 0,0014	0,4892	± 0,0019
B	56,9	± 0,2	0,4563	± 0,0015	0,4406	± 0,0014	0,490	± 0,0019
<b>IV set</b>								
A	86,5	± 0,3	0,4479	± 0,0015	0,4331	± 0,0013	0,4805	± 0,0018
B	88,5	± 0,3	0,4569	± 0,0015	0,4412	± 0,0013	0,4916	± 0,0018
<b>V set</b>								
A	100,1	± 0,3	0,459	± 0,008	0,443	± 0,007	2,47	± 0,01
B	99,3	± 0,3	0,456	± 0,008	0,440	± 0,007	2,45	± 0,01

Segue la stima del passo  $d$  del reticolo di diffrazione effettuata per ogni set di misurazione (Tabella 3).

Tabella 3 calcolo del passo del reticolo

	$d$ [m]	$err$ [m]
<b>I set</b>		
1A	1,51E-06	± 1E-08
1B	1,47E-06	± 2E-08
<b>II set</b>		
1A	1,49E-06	± 6E-09
1B	1,48E-06	± 6E-09
<b>III set</b>		
1A	1,48E-06	± 5E-09
1B	1,47E-06	± 5E-09
<b>IV set</b>		
1A	1,5E-06	± 5E-09
1B	1,47E-06	± 5E-09
<b>V set</b>		
1A	1,46E-06	± 2E-08
1B	1,47E-06	± 2E-08

Si è stimato, infine, il valor medio di  $d = 1,48E-06 \pm 2E-08$  m. In particolare si nota che l'errore su  $d$  è stato valutato utilizzando lo scarto quadratico medio.

## SECONDA CONFIGURAZIONE

Le misurazioni sono state effettuate variando la distanza  $L$  dallo schermo, sono riportate in dettaglio tali distanze nella Tabella 4.

Tabella 4 distanza  $L$  dallo schermo

	$L$ [cm]	incertezza [cm]
<b>I set</b>	31,3	$\pm 0,2$
<b>II set</b>	28,9	$\pm 0,2$
<b>III set</b>	29,0	$\pm 0,2$
<b>IV set</b>	59,6	$\pm 0,2$
<b>V set</b>	83,8	$\pm 0,2$

Vengono di seguito riportati (Tabella 5) i dati utilizzati per il calcolo di  $\sin\theta$ . Nello specifico per ogni set vengono indicati i picchi principali (di primo e secondo ordine) in alto e in basso rispettivamente con le lettere A e B.

Tabella 5 calcolo di  $\sin\theta$

	$z$ [cm]	$err$ [cm]	$\theta = \arctan(z/L)$ --	$err$	$\sin\theta$ --	$err$	$z/L$	$err$	
<b>I set</b>									
A	1	15,5 $\pm$ 0,2	0,460 $\pm$ 0,016	0,014	0,444 $\pm$ 0,014	0,014	0,50 $\pm$ 0,02	0,02	
A	2	60,4 $\pm$ 0,2	1,093 $\pm$ 0,004	0,888	0,888 $\pm$ 0,003	0,003	1,93 $\pm$ 0,01	0,01	
B	1	15,2 $\pm$ 0,2	0,452 $\pm$ 0,016	0,437	0,437 $\pm$ 0,015	0,015	0,49 $\pm$ 0,02	0,02	
B	2	54,4 $\pm$ 0,2	1,049 $\pm$ 0,005	0,867	0,867 $\pm$ 0,003	0,003	1,74 $\pm$ 0,01	0,01	
<b>II set</b>									
A	1	14,1 $\pm$ 0,2	0,454 $\pm$ 0,017	0,438	0,438 $\pm$ 0,016	0,016	0,49 $\pm$ 0,02	0,02	
A	2	55,0 $\pm$ 0,2	1,087 $\pm$ 0,005	0,885	0,885 $\pm$ 0,003	0,003	1,90 $\pm$ 0,01	0,01	
B	1	14,2 $\pm$ 0,2	0,457 $\pm$ 0,017	0,441	0,441 $\pm$ 0,016	0,016	0,49 $\pm$ 0,02	0,02	
B	2	51,4 $\pm$ 0,2	1,059 $\pm$ 0,005	0,872	0,872 $\pm$ 0,003	0,003	1,78 $\pm$ 0,01	0,01	
<b>III set</b>									
A	1	14,0 $\pm$ 0,2	0,450 $\pm$ 0,018	0,435	0,435 $\pm$ 0,016	0,016	0,48 $\pm$ 0,02	0,02	
A	2	52,8 $\pm$ 0,2	1,069 $\pm$ 0,005	0,876	0,876 $\pm$ 0,003	0,003	1,82 $\pm$ 0,01	0,01	
B	1	14,2 $\pm$ 0,2	0,455 $\pm$ 0,017	0,440	0,440 $\pm$ 0,016	0,016	0,49 $\pm$ 0,02	0,02	
B	2	53,1 $\pm$ 0,2	1,071 $\pm$ 0,005	0,878	0,878 $\pm$ 0,003	0,003	1,83 $\pm$ 0,01	0,01	
<b>IV set</b>									
A	1	28,8 $\pm$ 0,3	0,450 $\pm$ 0,011	0,435	0,435 $\pm$ 0,010	0,010	0,48 $\pm$ 0,01	0,01	
B	1	28,9 $\pm$ 0,3	0,451 $\pm$ 0,011	0,436	0,436 $\pm$ 0,010	0,010	0,48 $\pm$ 0,01	0,01	
<b>V set</b>									
A	1	41,0 $\pm$ 0,4	0,455 $\pm$ 0,010	0,439	0,439 $\pm$ 0,009	0,009	0,49 $\pm$ 0,01	0,01	
B	1	40,6 $\pm$ 0,4	0,451 $\pm$ 0,010	0,436	0,436 $\pm$ 0,009	0,009	0,48 $\pm$ 0,01	0,01	

Segue la stima del passo  $d$  del reticolo di diffrazione effettuata per ogni set di misurazione (Tabella 6).



Tabella 6 calcolo del passo del reticolo

		$d$	$err$
		[m]	[m]
<b>I set</b>			
A	1	1,46E-06	4,7E-08
A	2	1,46E-06	4,6E-09
B	1	1,49E-06	5,0E-08
B	2	1,50E-06	5,4E-09
<b>II set</b>			
A	1	1,48E-06	5,4E-08
A	2	1,47E-06	5,1E-09
B	1	1,47E-06	5,3E-08
B	2	1,49E-06	5,6E-09
<b>III set</b>			
A	1	1,50E-06	5,5E-08
A	2	1,48E-06	5,4E-09
B	1	1,48E-06	5,3E-08
B	2	1,48E-06	5,4E-09
<b>IV set</b>			
A	1	1,49E-06	3,6E-08
B	1	1,49E-06	3,5E-08
<b>V set</b>			
A	1	1,48E-06	3,1E-08
B	1	1,49E-06	3,2E-08

Si è stimato, infine, il valor medio di  $d = 1,48E-06 \pm 1E-08$  m. L'errore è stato valutato con lo scarto quadratico medio.

## 6. CONCLUSIONI

In conclusione si ottiene un numero di fenditure  $N$ , calcolate a partire da una superficie circolare di incidenza del laser con raggio di 1 mm, pari a  $1352 \pm 5$ . Si nota inoltre che per entrambe le configurazioni il valore di  $d$  risulta circa 1,48 micron, per cui confrontando i valori ottenuti, con due CD differenti, si ottiene un risultato consistente con l'errore stimato.

Si osserva che nonostante il laser sia stato posizionato il più possibile al bordo del CD, in modo che le fenditure potessero essere considerate il più possibile parallele e rettilinee, si osserva che i picchi di massimo sono più spessi perpendicolarmente alla retta di diffrazione del picco centrale. Tale fenomeno si suppone essere dovuto appunto al disallineamento delle fenditure, causata dalla forma circolare del disco.