

# Esperienza Ottica - Microonde

F. Ballo, S. Franceschina, S. Dolci - Gruppo T1 39

May 26, 2024

## Abstract

Nella seguente relazione vengono presentati i risultati ottenuti dalla quarta esperienza del corso di Laboratorio II riguardante l'analisi di fenomeni ottici. L'obiettivo di questa esperienza è quello di studiare le proprietà caratteristiche delle onde elettromagnetiche nello spettro delle microonde. Ci si rifà all'utilizzo di emettitori e ricevitori per registrare il segnale delle onde altrimenti invisibili all'occhio umano (lunghezza d'onda circa 2.85cm).

## Contents

<b>1</b>	<b>Caratteristiche del fascio</b>	<b>2</b>
1.1	Configurazione del circuito e della strumentazione . . . . .	2
1.2	Polarizzazione . . . . .	2
1.3	Ampiezza . . . . .	2
1.4	Geometria . . . . .	2
1.5	Analisi conclusiva fascio . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Angolo di Brewster</b>	<b>2</b>
2.0.1	Analisi dati . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Interferenza</b>	<b>4</b>
3.1	Specchio Lloyd . . . . .	4
3.1.1	Analisi dati . . . . .	5
3.1.2	Conclusioni . . . . .	5
3.2	Interferometro di Michelson . . . . .	5
3.2.1	Analisi Dati Michelson . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Diffrazione di Bragg</b>	<b>5</b>
4.1	Analisi Dati Bragg . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Tabelle misurazioni</b>	<b>6</b>

# 1 Caratteristiche del fascio

## 1.1 Configurazione del circuito e della strumentazione

Di seguito riportiamo informazioni sulla strumentazione e sulle modalità di misura

## 1.2 Polarizzazione

## 1.3 Ampiezza

## 1.4 Geometria

## 1.5 Analisi conclusiva fascio

# 2 Angolo di Brewster

In questa sezione abbiamo studiato i raggi trasmesso e riflesso da una lastra di polietilene al fine di determinare l'angolo di Brewster.

Per l'analisi del raggio trasmesso abbiamo posto il ricevitore di fronte al trasmettitore, frapponendo la lastra fra i due. Abbiamo montato la lastra su un supporto rotante e variando in tal modo l'angolo di incidenza del raggio abbiamo campionato l'intensità del raggio trasmesso.

Per verificare il fatto che l'intensità del raggio trasmesso sia dipendente anche dalla polarizzazione abbiamo eseguito la stessa procedura per due differenti polarizzazioni, ruotando l'emettitore di 90 gradi. Per la polarizzazione parallela alla lastra, al fine di trovare l'angolo di Brewster, abbiamo interpolato il picco con un modello parabolico, che riportiamo:

$$y = a(x - b)^2 + c \tag{1}$$

Per l'analisi del raggio riflesso abbiamo configurato l'apparato in modo tale da far variare sia l'angolo della lastra, sia l'angolo tra emettitore e ricevitore, in modo che il ricevitore seguisse il raggio riflesso. Abbiamo così campionato l'intensità del raggio riflesso al variare dell'angolo di incidenza.

### 2.0.1 Analisi dati

Riportiamo di seguito il grafico dell'intensità del raggio trasmesso in funzione dell'angolo di incidenza.

Abbiamo inserito il grafico con tutte le misurazioni effettuate (grafico di sinistra). Analizzando la figura ci siamo accorti che l'intensità torna ad aumentare oltre 70 gradi. Questo è dovuto al fatto che la lastra, non essendo abbastanza lunga, lasciava passare parte del raggio incidente, determinando un aumento dell'intensità. Abbiamo quindi deciso di escludere gli

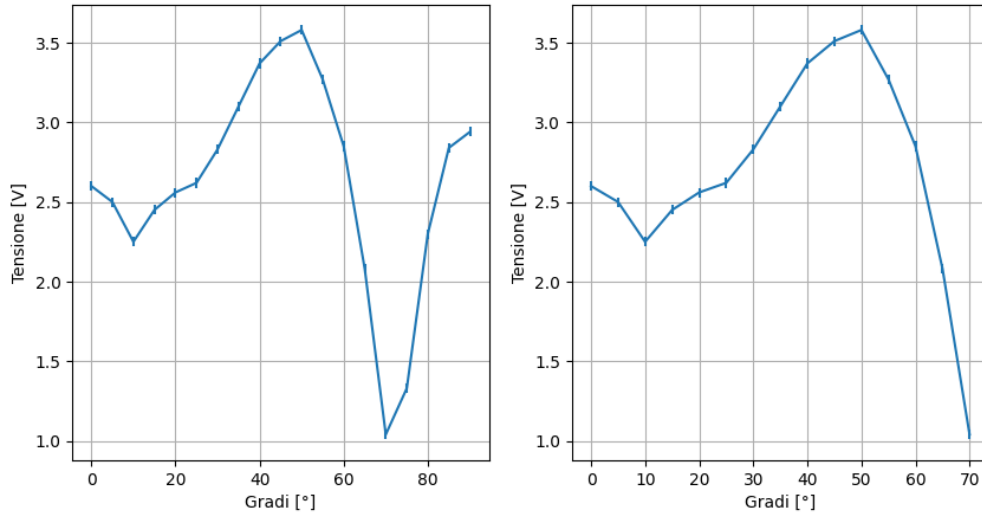


Figure 1: Intensità del raggio trasmesso in funzione dell'angolo di incidenza

ultimi dati poichè non rilevanti per il fenomeno. Vengono riportati nel grafico di destra i valori che abbiamo utilizzato per l'analisi.

Una volta individuata la regione in cui l'intensità aumentava, abbiamo interpolato il picco con un modello parabolico. Vengono riportate l'interpolazione, i parametri ottenuti e il valore di  $\chi^2$ :

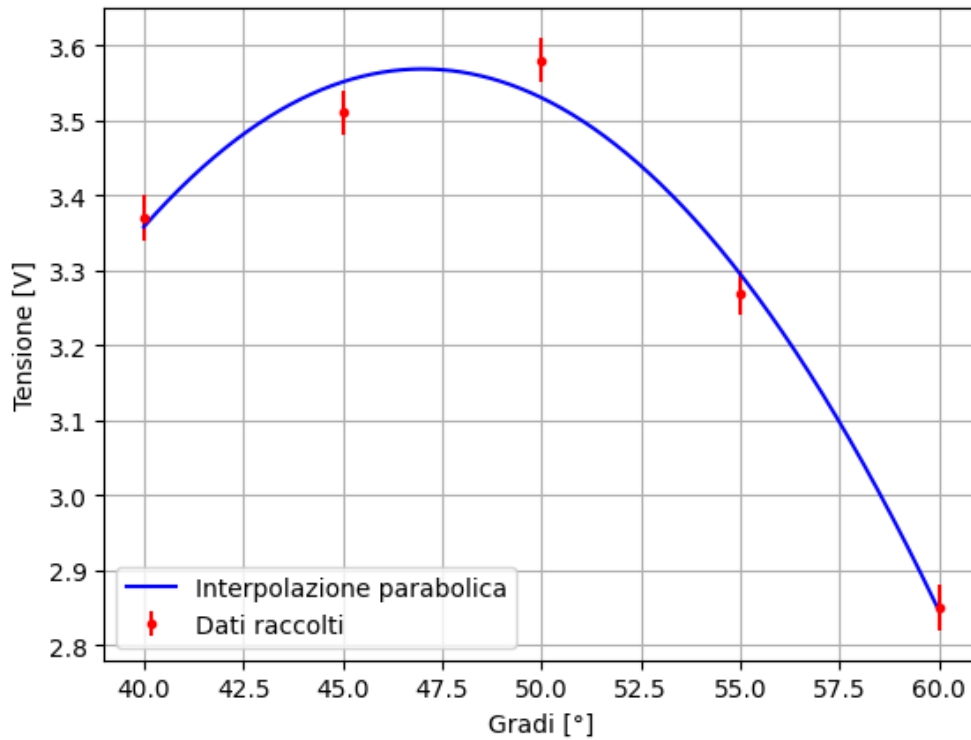


Figure 2: Interpolazione del picco con modello parabolico

1.  $a = 0.0003 \pm 0.0001$
2.  $b = 0.0003 \pm 0.0001$
3.  $c = 0.0003 \pm 0.0001$
4.  $\chi^2 = 0.0003$

Il parametro  $b$ , essendo la traslazione della parabola sull'asse  $x$ , rappresenta l'angolo di Brewster. Abbiamo confrontato l'angolo ottenuto con l'angolo atteso, ottenendo una distanza in deviazioni standard di: DA INSERIRE

## 3 Interferenza

Per la sezione di interferenza abbiamo scelto l'interferometro di Lloyd e l'interferometro di Michelson.

### 3.1 Specchio Lloyd

In questa sezione abbiamo utilizzato uno specchio di Lloyd per osservare l'interferenza tra i due fasci di microonde. Abbiamo disposto emettitore e ricevitore uno di fronte all'altro, misurandone la distanza  $d$ , in seguito abbiamo posizionato una lastra riflettente ad una certa distanza  $h$  dal centro.

In questo modo si vengono a creare due fasci: il primo percorre una distanza  $d$  in linea retta, mentre il secondo percorre una distanza  $2\sqrt{h^2 + (d/2)^2}$ . Tale differenza di percorso porta a delle interferenze: se la differenza di cammino ottico è un multiplo intero di  $\lambda$  si ha interferenza costruttiva, altrimenti si ha interferenza distruttiva.

Al fine di misurare la lunghezza d'onda delle microonde, abbiamo seguito le istruzioni fornite dal manuale PASCO e abbiamo variato la distanza  $h$  alla ricerca di due minimi distanti dieci volte la lunghezza d'onda, una volta fissata la distanza  $d$ . Per poter eseguire un confronto sperimentale e non solo con il valore di  $\lambda$  tabulato, abbiamo ripetuto la procedura per un'altra distanza  $d$ .

Come formula per il calcolo della lunghezza d'onda abbiamo utilizzato la seguente, ricavata dalle relazioni geometriche che legano i cammini ottici e la differenza di fase tra i due fasci:

$$\lambda = \frac{2h + 4\sqrt{(d/2)^2 + h^2}}{n} \quad (2)$$

Dalla prima misurazione abbiamo ottenuto due valori di  $\lambda$  che abbiamo mediato, lo stesso abbiamo fatto per la seconda misurazione. Come errori delle singole lunghezze d'onda abbiamo propagato gli errori a partire dall'equazione 2, in seguito abbiamo propagato gli errori per la media.

### 3.1.1 Analisi dati

Riportiamo di seguito i dati raccolti durante l'esperienza e i risultati ottenuti. Per la prima misurazione abbiamo scelto  $d = 100 \pm 1$  cm, mentre per la seconda  $d = 110 \pm 1$  cm. Abbiamo stimato le incertezze di 1 cm poichè sugli "horn" non erano ben segnalati i punti di emissione e di ricezione dell'onda; non sapendo bene dove fossero localizzati abbiamo aumentato l'errore rispetto alla sensibilità della riga graduata.

In tabella 1 riportiamo i valori di  $h$  e le intensità misurate per i minimi di interferenza, in tabella 2 riportiamo i valori di  $h$  e le intensità misurate per i massimi di interferenza.

Come valore  $\lambda_1$  abbiamo ottenuto  $2.86 \pm 0.07$  cm, mentre per  $\lambda_2$  abbiamo ottenuto  $2.85 \pm 0.06$  cm.

Abbiamo confrontato i valori ottenuti con il valore tabulato di  $\lambda = 2.85$  cm, ottenendo:

1. Distanza in deviazioni standard tra  $\lambda_1$  e  $\lambda_{tab}$ :  $0.11\sigma$
2. Distanza in deviazioni standard tra  $\lambda_2$  e  $\lambda_{tab}$ :  $0.08\sigma$
3. Distanza in deviazioni standard tra  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ :  $0.03\sigma$

L'ultimo punto è stato calcolato per verificare la coerenza tra i due valori di  $\lambda$  ottenuti.

### 3.1.2 Conclusioni

Dai risultati ottenuti possiamo concludere che la lunghezza d'onda delle microonde calcolata tramite interferometro di Lloyd è compatibile con il valore tabulato. Al di là della misura della lunghezza d'onda tramite interferenza, questa sezione ci ha permesso di verificare sperimentalmente un'ipotesi che avanziamo in altre sezioni: l'interferenza per riflessione delle microonde. Ogniquale volta un esperimento richieda la rotazione del ricevitore, si possono considerare effetti di interferenza alla Lloyd, poichè, per angoli in cui ricevitore e emettitore sono sempre più vicini, si può modellizzare il sistema come un interferometro di Lloyd.

In conclusione, l'interferenza alla Lloyd si ottiene quando un materiale che abbia proprietà riflettenti viene avvicinato all'apparecchiatura, portandoci a considerare questo effetto di interferenza in tutte le sezioni in cui ci troviamo a ruotare il ricevitore.

## 3.2 Interferometro di Michelson

### 3.2.1 Analisi Dati Michelson

## 4 Diffrazione di Bragg

### 4.1 Analisi Dati Bragg

## 5 Tabelle misurazioni

Table 1: Lloyd: prima misura

$h$ [cm]	$I$ [V]
9.9	1.64
16.9	1.7

Table 2: Lloyd: seconda misura

$h$ [cm]	$I$ [V]
10.9	1.40
17.2	1.5

$$10.9 \text{ v4} = 1.40 \text{ h4} = 17.2 \text{ v4} = 1.5$$