

# Esperienza Ottica - Interferometro

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

June 21, 2024

## Abstract

Nella seguente relazione vengono presentati i risultati ottenuti dalla sesta esperienza del corso di Laboratorio II riguardante l'analisi di fenomeni ottici. L'obiettivo di questa esperienza è quello di riprodurre due esperimenti di interferometria: Fabry-Perot e Michelson. Per ciascuno di questi setup riprodotti in laboratorio lo scopo è quello di verificare certe relazioni, che occorrono nel momento in cui raggi luminosi interferiscono tra loro, dalle quali è possibile ricavare informazioni utili come la lunghezza d'onda della sorgente.

## Contents

<b>1</b>	<b>Configurazione setup esperienza</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Fabry-Perot</b>	<b>2</b>
2.1	Verifica della legge di interferenza . . . . .	3
2.2	Calibrazione micrometro - Frange . . . . .	4
2.3	Conclusioni Fabry-Perot . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Michelson</b>	<b>5</b>
3.1	Specchio . . . . .	5
3.2	Frange . . . . .	5
3.3	Conclusioni Michelson . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Considerazioni sugli errori</b>	<b>5</b>
4.1	Commenti finali . . . . .	5
<b>5</b>	<b>Tabelle</b>	<b>6</b>

# 1 Configurazione setup esperienza

Per le misure di questa esperienza abbiamo utilizzato:

- Un interferometro di precisione PASCO scientific Modello OS-9255A/OS-9258A , link.
- Sorgente: laser monocromatico He-Ne con lunghezza d'onda  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ .
- Lente divergente: lente da 18mm.
- Specchi compresi nella dotazione PASCO

## 2 Fabry-Perot

La prima parte dell'esperienza consiste nella verifica della legge che descrive i massimi di interferenza, visibili quando due sorgenti si sommano in fase. Per farlo abbiamo montato l'interferometro in configurazione Fabry-Perot:

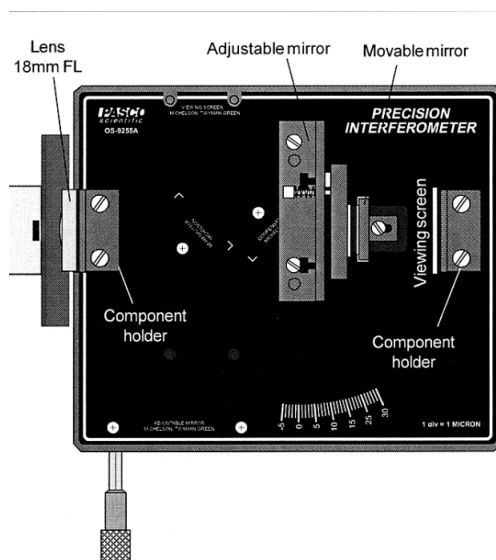


Figure 1: Configurazione Fabry-Perot.

La luce del fascio laser incide contro una lente divergente e entra nella cavità di Fabry-Perot, ovvero due specchi semiriflettenti distanziati  $d$ . Le riflessioni successive tra i due specchi formano la figura di interferenza sullo schermo, posto a circa un metro di distanza. È interessante notare come, per ricavare le relazioni che verranno utilizzate per descrivere il fenomeno, si introduca l'ipotesi che i raggi luminosi siano paralleli tra di loro nell'ingresso della cavità, nonostante la presenza di una lente divergente. Abbiamo motivato questa ipotesi osservando che la lente divergente è posta molto vicina alla cavità, e quindi la divergenza dei raggi luminosi è trascurabile. Non si può dire lo stesso per quanto riguarda i raggi che incidono sullo schermo, essi infatti sono considerati divergenti perché la distanza tra schermo e specchio è significativa.

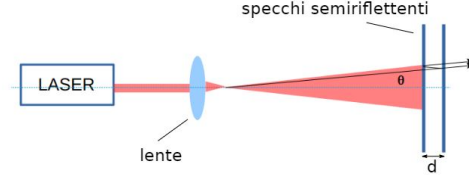


Figure 2: Configurazione Fabry-Perot.

Un'altra osservazione importante riguarda gli angoli delle frange di interferenza. Per l'angolo  $\theta$ , quello riportato in figura 2,

abbiamo posto il vertice nel fuoco della lente divergente (18mm avanti) e misurato la distanza tra tale fuoco e lo schermo. In questo modo, misurando in seguito la distanza tra il centro della figura di interferenza e la frangia, è possibile calcolare l'angolo  $\theta$  come l'arcotangente del rapporto tra le due distanze. In ogni caso, tali considerazioni sono state rilevanti solo per questa prima parte dell'esperienza, in cui era richiesto di verificare la legge 1 confrontando i valori di angoli attesi con quelli misurati. Per tutte le altre esperienze abbiamo potuto considerare  $\theta \approx 0$  e quindi  $\cos(\theta) \approx 1$  poichè lo schermo si trova a una grande distanza dalla sorgente puntiforme.

## 2.1 Verifica della legge di interferenza

In questa prima parte dell'esperienza abbiamo cercato di verificare la seguente legge di interferenza, che descrive quando i due raggi luminosi interferiscono in fase:

$$\delta_r \frac{\lambda}{2\pi} + 2d \cos(\theta) = N\lambda \quad (1)$$

$d$  è la distanza tra i due specchi,  $\delta_r$  rappresenta lo sfasamento,  $\theta$  è l'angolo di incidenza della luce,  $N$  è l'ordine di interferenza e  $\lambda$  è la lunghezza d'onda del laser sorgente. Per verificarla abbiamo deciso di invertire la relazione in modo da evidenziare la dipendenza di  $\cos(\theta)$  dalle altre variabili, ricavando la relazione 2:

$$\cos(\theta) = \frac{N\lambda}{2d} - \frac{\delta_r \lambda}{4d\pi} \quad (2)$$

Dopo aver verificato le opportune calibrazioni del laser, delle lenti e dello specchio, abbiamo misurato il diametro dei cerchi di interferenza con un calibro e calcolato così il coseno dell'angolo  $\theta$ .

La distanza dello schermo dalla sorgente è pari a  $D = 1.375m$ , assumendo come punto sorgente il fuoco della lente (18mm). Successivamente abbiamo eseguito un'interpolazione tramite la legge 2, mantenendo come parametri liberi  $\delta_r$  e  $d$ .

Abbiamo ripetuto tale misura per quattro volte, variando  $d$ , al fine di poter verificare in più configurazioni la legge 1.

Riportiamo i grafici ottenuti per ciascuna misurazione in figura 3:

Riportiamo nella tabella 1 i valori ottenuti per i parametri  $\delta_r$  e  $d$  e i relativi errori, insieme ai valori di  $\chi^2$  e p-value ottenuti dalle interpolazioni.

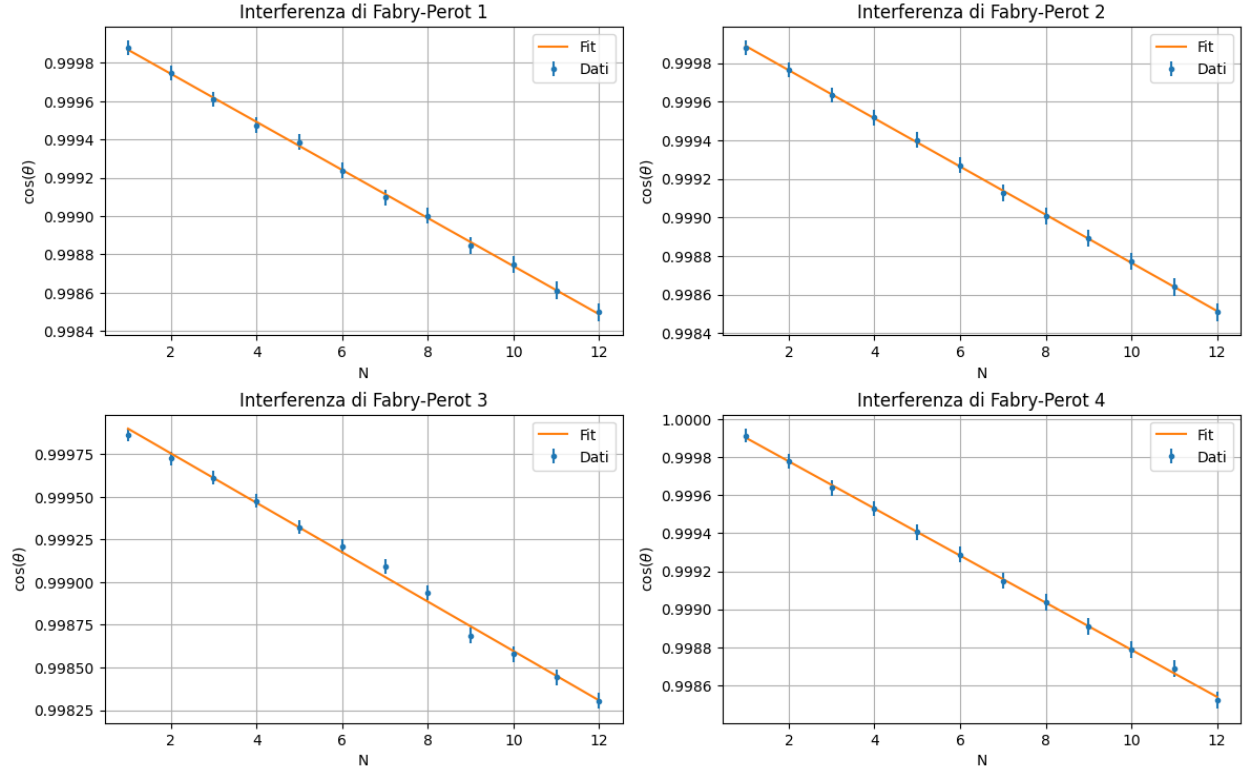


Figure 3: Interpolazioni della legge 2.

Interpolazione 1			Interpolazione 2		
Parametro	Valore	Errore	Parametro	Valore	Errore
<b>d1</b>	0.00252	4.82e-07	<b>d2</b>	0.00254	4.83e-07
<b>delta1</b>	5.01e+04	9.56	<b>delta2</b>	5.04e+04	9.58
$\tilde{\chi}_1^2$	0.107	<b>Pvalue 1: 1</b>	$\tilde{\chi}_2^2$	0.0398	<b>Pvalue 2: 1</b>
Interpolazione 3			Interpolazione 4		
Parametro	Valore	Errore	Parametro	Valore	Errore
<b>d3</b>	0.00219	4.22e-07	<b>d4</b>	0.00255	4.84e-07
<b>delta3</b>	4.34e+04	8.36	<b>delta4</b>	5.06e+04	9.60
$\tilde{\chi}_3^2$	0.75	<b>Pvalue 3: 0.678</b>	$\tilde{\chi}_4^2$	0.0756	<b>Pvalue 4: 1</b>

Table 1: Dati, deviazioni e test  $\tilde{\chi}^2$  con p-value, suddivisi per interpolazione.

## 2.2 Calibrazione micrometro - Frange

L'interferometro in configurazione Fabry-Perot è dotato di un micrometro che permette di variare la distanza tra i due specchi  $\Delta d$ . Quando questa  $\Delta d$  varia, varia anche il cammino ottico dei raggi luminosi e quindi la posizione delle frange di interferenza. La legge che lega questo spostamento è la seguente:

$$\Delta d = \frac{\Delta N \cdot \lambda}{2 \cdot \cos(\theta)} \quad (3)$$

Misurando quante frange scorrono sullo schermo è possibile risalire a una misura di alta precisione del  $\Delta d$  e quindi calibrare il micrometro.

Come passo del nomio abbiamo scelto  $\Delta d_{\text{nomio}} = 20\mu\text{m}$ , il coseno dell'angolo  $\theta$  approssimato a 1 e infine abbiamo ripetuto la misura 5 volte ottenendo come risultato:

## **2.3 Conclusioni Fabry-Perot**

## **3 Michelson**

### **3.1 Specchio**

### **3.2 Frange**

### **3.3 Conclusioni Michelson**

## **4 Considerazioni sugli errori**

### **4.1 Commenti finali**

## 5 Tabelle

Giallo		Ciano		Blu		Viola	
gradi	primi	gradi	primi	gradi	primi	gradi	primi
48	5	49	33	50	5	51	1
48	3	49	36	50	8	51	2
48	1	49	35	50	8	51	0
48	0	49	33	50	10	51	1
48	4	49	34	50	4	51	0
48	2	49	34	50	5	51	0
48	2	49	31	50	6	51	1
48	3	49	34	50	7	51	2
48	6	49	31	50	5	51	1
48	2	49	32	50	6	51	0

Table 2: Angoli di minima deviazione per mercurio