

# Interferometro di Michelson

Laboratorio di Ottica, Elettronica e Fisica Moderna  
C.d.L. in Fisica, a.a. 2023-2024  
Università degli Studi di Milano

Lucrezia Bioni, Leonardo Cerasi, Giulia Federica Bianca Coppi  
Matricole: 13655A, 11410A, 11823A

9 novembre 2023

## 1 Introduzione

### 1.1 Scopo

In questa esperienza ci si propone di misurare - mediante l'utilizzo dell'interferometro di Michelson - le seguenti quattro quantità: la lunghezza d'onda di un fascio di luce monocromatica, l'indice di rifrazione dell'aria a pressione atmosferica, la lunghezza dei pacchetti d'onda di una sorgente non monocromatica e la separazione tra le due lunghezze d'onda del doppietto del sodio.

### 1.2 Metodo

Per la misurazione delle quattro grandezze interessate, si utilizza l'apparato sviluppato da Michelson riportato in figura *riferimento*. L'interferometro è costituito da quattro lastre di vetro ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $L_c$ ):  $S_1$  è una lastra semiriflettente - rivolta verso  $S_2$  - a facce piane e parallele,  $S_2$  e  $S_3$  sono completamente riflettenti sulla faccia rivolta verso  $S_1$ ,  $L_c$  è una lastra trasparente il cui scopo è quello di rendere uguali i cammini ottici compiuti dai raggi lungo i due bracci dello strumento.

Essendosi assicurati che  $S_2$  e  $S_3$  siano perpendicolari e che formino un angolo di 45° con  $S_1$ , il raggio luminoso inciderà su  $S_1$  sdoppiandosi: il primo verrà riflesso da  $S_2$  e dalla faccia riflettente di  $S_1$ , per poi proseguire verso lo schermo, il secondo - riflesso da  $S_1$  - verrà riflesso da  $S_3$  ed inciderà sullo schermo dove formerà delle figure di interferenza con il primo raggio - dovuta alla coerenza dei due fasci luminosi -.

#### 1.2.1 Misura della lunghezza d'onda di un fascio di luce monocromatica

Si vuole misurare la lunghezza d'onda di un fascio di luce laser: agendo sulla variazione di cammino ottico dei due fasci - spostando lo specchio  $S_3$  - si conta il numero di frange chiare (o scure) passanti per un punto prefissato dello schermo. La misura della lunghezza d'onda è pertanto data dalla formula

$$\lambda = \frac{2n_a \Delta x}{N_1} \quad (1.2.1)$$

dove  $\lambda$  è la lunghezza d'onda incognita,  $n_a$  è l'indice di rifrazione dell'aria,  $\Delta x$  è lo spostamento dello specchio  $S_3$  e  $N_1$  è il numero di frange chiare (o scure) contate.

#### 1.2.2 Misura dell'indice di rifrazione dell'aria

Tra gli specchi  $S_1$  e  $S_2$  viene inserita una cameretta contenente una pompa per la creazione del vuoto. Il cammino ottico percorso dal fascio luminoso nel vuoto cambia - poiché questo è legato all'indice di rifrazione del mezzo che attraversa come mostrato dall'equazione 1.2.1 - e quindi, facendo rientrare lentamente l'aria nella cameretta e contando le frange di interferenza passanti per un dato punto sullo schermo, si riuscirà a fornire una stima del valore dell'indice di rifrazione dell'aria  $n_a$  secondo la seguente equazione:

$$2(n_a - 1) = N_2 \lambda \quad (1.2.2)$$

dove  $n_a$  è l'indice di rifrazione dell'aria,  $N_2$  è il numero di frange contate su un punto dello schermo e  $\lambda$  è la lunghezza d'onda del fascio emesso dalla sorgente monocromatica.

### 1.2.3 Misura della lunghezza dei pacchetti d'onda di una sorgente non monocromatica

Il fascio di luce prodotto da una sorgente non monocromatica è costituita da impulsi di lunghezza limitata. L'interferenza dei fasci luminosi riflessi dagli specchi  $S_2$  e  $S_3$  si manifesta quando la distanza tra le due sorgenti immagine è inferiore alla lunghezza del pacchetto: quando viene superata tale lunghezza, si osserva sullo schermo una figura uniformemente illuminata e quindi si misura la distanza tra due zone di uniforme illuminazione - mediante la misura dello spostamento di  $S_3$  - per quantificare tale grandezza.

### 1.2.4 Misura della separazione tra le due lunghezze d'onda del doppietto del sodio

Si utilizza ora una sorgente luminosa al sodio per misurare le due lunghezze d'onda che emette e la loro conseguente separazione: quando le frange di interferenza delle due lunghezze d'onda si vanno a sovrapporre, sullo schermo si vede una figura di interferenza con frange molto nette - in particolare quando la differenza di cammino ottico tra i fasci provenienti da  $S_2$  ed  $S_3$  è nulla -. Si misura quindi lo spostamento dello specchio  $S_3$  e si ricava:

$$\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{m\lambda^2}{2\Delta x} \quad (1.2.3)$$

dove  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$  sono le due lunghezze d'onda del doppietto del sodio,  $m$  è il numero di alternanze tra le condizioni di interferenza netta,  $\lambda$  è la media delle due lunghezze d'onda e  $\Delta x$  è lo spostamento dello specchio  $S_3$ .

## 2 Misure

### 2.1 Misura della lunghezza d'onda di un fascio di luce monocromatica

La misura della lunghezza d'onda del fascio laser viene effettuata prendendo 5 misure dello spostamento dello specchio mobile e contando le frange passanti per un punto fissato dello schermo, le misure sono riportate nella seguente Tabella.

$N_1$	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]
195	10.00	10.30
194	10.00	10.30
150	10.00	10.23
150	10.00	10.23
180	10.00	10.28

Tab. 1: Misure di  $N_1$ ,  $x_1$  e  $x_2$  effettuate per valutare la lunghezza d'onda della sorgente laser

Al conteggio  $N_1$  viene fornito un errore di  $\pm 5$ , alle misure di  $x_1$  e  $x_2$  viene fornita l'incertezza strumentale pari a  $0.01\text{mm}$

### 2.2 Misura dell'indice di rifrazione dell'aria

A camera usata per creare il vuoto risulta essere lunga  $D = 0.05\text{m}$  - valore fornito - e per fornire un valore ad  $n_a$  si contano 5 volte il numero di frange di interferenza passanti per un punto dello schermo. I valori ottenuti sono tutti uguali e pertanto si fornisce il valore  $N_2 = 42$  a cui non viene attribuito alcun errore.

## 2.3 Misura della lunghezza dei pacchetti d'onda di una sorgente non monocromatica

Vengono fatte 6 misure dello spostamento dello specchio per valutare la lunghezza del treno di impulsi come descritto nel paragrafo 1.2.3. I risultati sono riportati in tabella.

$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]
15.58	15.54
15.58	15.54
15.57	15.54
15.57	15.54
15.57	15.54
15.57	15.54

Tab. 2: Misure della posizione iniziale e finale dello specchio  $S_3$

A queste misure viene sempre fornita l'incertezza strumentale pari a  $0.01mm$ .

## 2.4 Misura della separazione tra le due lunghezze d'onda del doppietto del sodio

Per valutare la distanza delle due lunghezze d'onda emesse dal sodio vengono prese 8 misure dello spostamento dello specchio  $S_3$ , fornendo anche il valore  $m$  di numero di alternanze di interferenze nette viste sullo schermo durante lo spostamento dello specchio mobile. Le misure vengono riportate in tabella.

$m$	$x_1$ [mm]	$x_2$ [mm]
1	16.24	17.73
1	17.73	19.11
1	19.11	20.66
1	20.66	22.07
1	22.07	23.58
1	23.58	24.98
1	17.72	19.15
2	19.15	22.17

Tab. 3: Misure di  $m$ ,  $x_1$  e  $x_2$  effettuate per valutare  $\Delta\lambda$  del doppietto di  $Na$

Alle misure di  $m$  non viene fornita alcuna incertezza, a quelle di  $x_1$  e  $x_2$  viene fornita l'incertezza strumentale di  $0.01mm$ .