



## Interferometro di Michelson

### DIMOSTRAZIONE E ANALISI DEL FUNZIONAMENTO DI UN INTERFEROMETRO DI MICHELSON.

- Determinazione della lunghezza d'onda della luce laser.
- Determinazione dell'indice di rifrazione dell'aria a seconda della pressione atmosferica.

UE4030410

02/17 JS/ALF

### BASI GENERALI

L'interferometro di Michelson fu originariamente progettato da A. A. Michelson per dimostrare il moto tellurico in relazione all'etere della luce. Il suo principio di costruzione (vedere la Fig. 1) è tuttavia d'importanza fondamentale, in quanto può essere utilizzato per la misurazione interferometrica ad es. delle variazioni di lunghezza, degli spessori degli strati o degli indici di rifrazione. Un fascio di luce divergente viene diviso da uno specchio semitrasparente in due fasci parziali che prendono vie diverse. I due fasci parziali si riflettono e infine si riuniscono per sovrapporsi su uno schermo di osservazione. Qui viene creata un'immagine d'interferenza che reagisce in maniera sensibile alle variazioni di lunghezza ottica del percorso, quindi del prodotto dell'indice di rifrazione e della lunghezza geometrica del percorso, di un fascio parziale. Se l'indice di rifrazione viene mantenuto costante, possono essere quindi determinate variazioni del percorso geometrico, ad es. variazioni di lunghezza dei materiali attraverso la loro dilatazione termica. Se invece il percorso geometrico viene mantenuto costante, gli indici di rifrazione o le loro oscillazioni possono essere rilevati attraverso variazioni di pressione, di temperatura o di densità.

A seconda del fatto che la lunghezza ottica del percorso aumenti o diminuisca, al centro dell'immagine di interferenza compaiono o scompaiono frange di interferenza. Tra la variazione  $\Delta s$  della lunghezza ottica del percorso e la lunghezza dell'onda luminosa  $\lambda$  sussiste il contesto

$$(1) \quad 2 \cdot \Delta s = z \cdot \lambda,$$

in cui la cifra intera positiva o negativa  $z$  indica il numero di frange di interferenza che compaiono o scompaiono sullo schermo di osservazione.

Se per la misurazione della lunghezza dell'onda luminosa uno dei due specchi viene spostato nell'aria di un percorso  $\Delta x$  ben definito con un meccanismo di regolazione di precisione, come indice di rifrazione può essere impiegato in una buona approssimazione  $n = 1$ . Pertanto, la variazione del percorso ottico è:

$$(2) \quad \Delta s = \Delta x$$

La situazione è diversa se una camera evacuata di lunghezza  $d$  viene portata in un fascio parziale. Introducendo aria e quindi aumentandone la pressione nella camera al valore  $p$ , la lunghezza ottica del percorso varia di

$$(3) \quad \Delta s = (n(p) - 1) \cdot d = A \cdot p \cdot d,$$

in quanto la dipendenza della pressione dell'indice di rifrazione dell'aria a temperatura costante viene rappresentata nella forma

$$(4) \quad n(p) = 1 + A \cdot p.$$

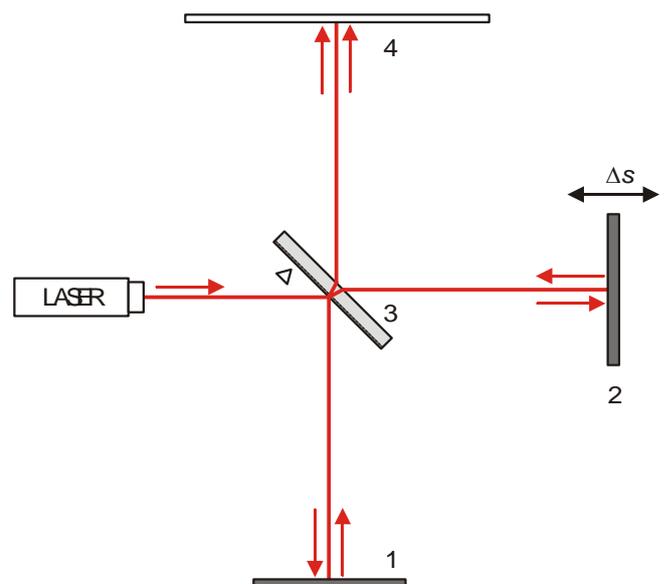


Fig.1: Percorso dei raggi luminosi in un interferometro di Michelson

1: specchio fisso, 2: specchio mobile, 3: divisore di fascio, 4: schermo

## ELENCO DEGLI STRUMENTI

1	Interferometro	1002651 (U10350)
1	Set aggiuntivo per l'interferometro	1002652 (U10351)
1	Laser elio-neon	1003165 (U21840)
1	Pompa manuale per vuoto	1012856 (U205001)
1	Tubo di silicone 6 mm	1002622 (U10146)

## MONTAGGIO



Fig. 2: Interferometro di Michelson

Nota: L'altezza necessaria del fascio luminoso sul piano di lavoro è di 60 – 62 mm.

- Posizionare l'interferometro più orizzontalmente possibile su un tavolo stabile.
- Montare il laser sul supporto del laser mediante la prolunga esagonale e posizionarlo il più possibile dritto davanti alla lente di ingrandimento.
- Rimuovere lo specchio fisso e il divisore di fascio.
- Allentare la vite a testa zigrinata della lente di ingrandimento e orientare quest'ultima al di fuori del percorso dei raggi luminosi.
- Regolare il laser in modo che il suo raggio colpisca lo specchio centralmente e anche il raggio riflesso ritorni al laser colpendolo a sua volta in posizione centrale.
- Orientare per prova la lente di ingrandimento all'interno del percorso dei raggi luminosi e correggere tale percorso in modo che anche la lente venga colpita da raggi centralmente.
- Quindi orientare la lente di ingrandimento nuovamente al di fuori del percorso dei raggi luminosi.
- Montare lo specchio fisso e regolarlo con le viti di registro in modo tale che la distanza tra la piastra di supporto dello specchio e il supporto effettivo sia la stessa tutt'intorno e misuri all'incirca 5-6 mm.
- Montare il divisore di fascio con il lato parzialmente riflettente contrassegnato da un triangolo in direzione della ripartizione angolare in modo tale che i due punti più chiari presenti sullo schermo di osservazione si trovino il più possibile su una linea verticale.
- Regolare lo specchio fisso in modo che i due punti più chiari presenti sullo schermo coincidano perfettamente.
- Orientare nuovamente la lente di ingrandimento all'interno del fascio luminoso e avvitarla in posizione in modo tale che il punto più chiaro dell'immagine si trovi il più possibile al centro dello schermo.

- Inclinare lo schermo rispetto alla verticale in modo che l'osservatore veda un'immagine luminosa e chiara.
- Regolare lo specchio fisso per ottenere gli anelli di interferenza al centro dello schermo.

## ESECUZIONE

### Determinazione della lunghezza d'onda della luce laser:

Nota: Durante le misurazioni non dovrebbe possibilmente giungere aria nel percorso dei raggi luminosi, poiché potrebbero rendersi subito visibili alterazioni della densità dell'aria dovute direttamente ad anelli di interferenza "correnti".

- Innanzi tutto, svitare in senso antiorario la vite micrometrica fino a ca. 25 mm e riavvitarla subito dopo lentamente in senso orario fino a  $x(0) = 20,00$  mm.
- Quindi ruotare nuovamente la vite micrometrica lentamente in senso orario finché non si formano 30 anelli di interferenza completi.
- Leggere la posizione  $x(30)$  sulla vite micrometrica e annotare il risultato.

### Determinazione dell'indice di rifrazione dell'aria a seconda della pressione atmosferica:

- Ruotare il divisore di fascio in modo che lo strato parzialmente riflettente sia rivolto verso la parte posteriore destra.
- Posizionare la cella a vuoto nel fascio parziale destro (ved. Fig. 3).
- Collegare la pompa per vuoto alla cella a vuoto.
- Regolare di pochissimo lo specchio regolabile per ottenere gli anelli di interferenza al centro dello schermo.
- Creare lentamente il vuoto nella cella a vuoto e contare il numero  $z$  di anelli che scompaiono.
- Annotare a intervalli regolari la depressione  $p$  e il relativo numero  $z$ .

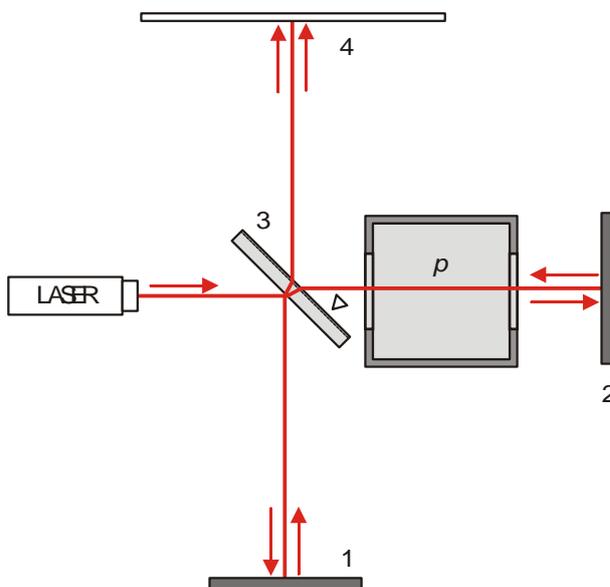


Fig.3: Camera evacuabile sul percorso dei raggi dell'interferometro di Michelson

## ESEMPIO DI MISURAZIONE

### Determinazione della lunghezza d'onda della luce laser:

$z = 30$ ,  $x(0) = 15,98$  mm,  $x(30) = 7,77$  mm,  
Rapporto di trasmissione 1 : 830

### Determinazione dell'indice di rifrazione dell'aria a seconda della pressione atmosferica:

Tab. 1: Numero  $z$  di anelli di interferenza prodotti dalla pompa per vuoto di una cella vuota in funzione della differenza di pressione  $\Delta p$

$\Delta p$ / hPa	$p$ / hPa	$z$
220	780	10
420	580	16,5
550	450	21,5
650	350	25
720	280	28
780	220	30
800	200	31
820	180	32
840	160	33

## ANALISI

### Determinazione della lunghezza d'onda della luce laser:

Da (1) e (2) come equazione condizionale per il calcolo della lunghezza dell'onda luminosa dal percorso di traslazione dello specchio si ottiene:

$$\lambda = \frac{2 \cdot \Delta x}{z}$$

Il percorso di traslazione dello specchio necessario alla produzione di 30 anelli di interferenza è

$$\Delta x = \frac{x(0) - x(30)}{830} = 9,9 \mu\text{m}$$

$$\text{Pertanto si ha: } \lambda = \frac{2 \cdot \Delta x}{z} = 660 \text{nm}$$

Valore della tabella:  $\lambda_{\text{HeNe}} = 632,8$  nm

### Determinazione dell'indice di rifrazione dell'aria a seconda della pressione atmosferica:

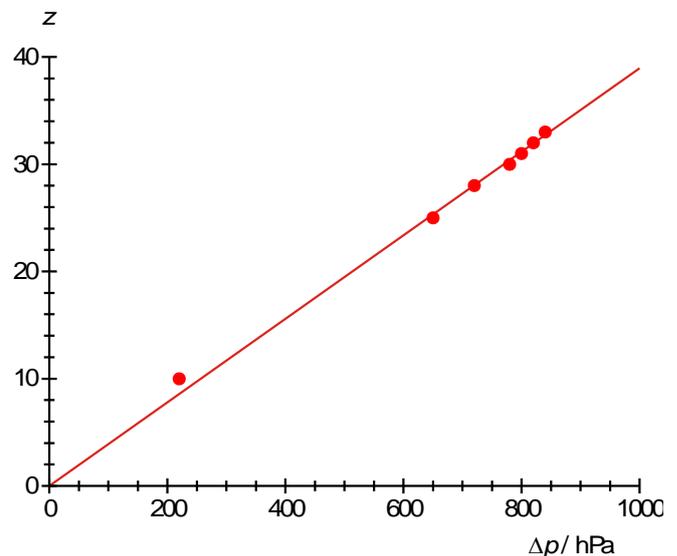


Fig. 4: Numero delle frange di interferenza come funzione della differenza di pressione

La Fig. 4 illustra in un diagramma la relazione tra il numero  $z$  delle frange di interferenza prodotte dal pompaggio e la differenza di pressione  $\Delta p$ . I punti di misurazione si trovano, nei limiti della precisione di misurazione, su una retta di origine con pendenza

$$a = \frac{2 \cdot A \cdot d}{\lambda} = 0,039 \frac{1}{\text{hPa}}$$

Pertanto si ha

$$A = \frac{a \cdot \lambda}{2 \cdot d} = 0,30 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{hPa}}$$

In presenza di pressione normale, l'indice di rifrazione dell'aria è quindi

$$n = 1 + A \cdot 1000 \text{hPa} = 1,0003$$

