

## Concorso

### COME IMMAGINATE L'INCERTEZZA DI MISURA: DESCRIZIONE ED ESEMPIO CONCRETO

# Secondo premio

Pari merito

#### Kit per rappresentare i concetti di ottica ondulatoria

Breve descrizione:

il kit serve per rappresentare i fenomeni fondamentali dell'ottica ondulatoria.

Utilizzando componenti magnetici si possono eseguire sperimentazioni su :

- diffrazione e interferenza su una piastra in vetro, un diaframma con apertura, un reticolo a righe, un reticolo a croce
- interferometro di Michelson
- analisi della luce a polarizzazione lineare

Ricostruzione di un ologramma.

Come sorgente luminosa viene fornito un laser a diodi parzialmente polarizzati, su supporto registrabile le cui caratteristiche sono: potenza massima: 1 mW, classe di protezione: II, lunghezza d'onda: 635 nm.

I fenomeni di ottica ondulatoria hanno molte applicazioni nell'ambito della scienza della misura .

Il materiale verrà consegnato alla scuola Liceo Scientifico-classico Peano, Cuneo

Torino 2016, aprile, 20

## Kit "Ottica ondulatoria con laser" U17303

### Istruzioni per l'uso

10/08 Alf



#### 1. Norme di sicurezza

Il laser emette radiazioni visibili con una lunghezza d'onda di 635 nm ad una potenza di uscita max. inferiore a 1 mW ed è conforme quindi alle disposizioni relative alla classe 2 della norma DIN EN 60825-1 "Sicurezza degli apparecchi laser". Ovvero la protezione dell'occhio umano è normalmente assicurata dalle reazioni di difesa, compreso il riflesso palpebrale.

- Non guardare il raggio laser direttamente o riflesso.
- Fare azionare il laser solo a persone autorizzate e addestrate.
- Interrogare tutte le persone che partecipano e osservano l'esperimento riguardo ai pericoli delle radiazioni laser e alle misure di sicurezza necessarie.
- Eseguire gli esperimenti utilizzando solo la potenza di radiazione minima necessaria.
- Orientare il percorso dei raggi in modo che non passi all'altezza degli occhi.
- Limitare al minimo necessario l'area di impiego del laser mediante una schermatura e riflessi indesiderati.

- Applicare etichette di avvertimento nelle stanze in cui vengono effettuati gli esperimenti con luce laser.
- Osservare le norme sulla prevenzione degli infortuni BGV B2 "Radiazione laser" ed eventuali ordinamenti del ministro della pubblica istruzione, per quanto riguarda la Germania, e le direttive vigenti corrispondenti negli altri paesi.

Un utilizzo conforme garantisce il funzionamento sicuro del laser. La sicurezza non è tuttavia garantita se il laser non viene utilizzato in modo appropriato o non viene trattato con cura. Se si ritiene che non sia più possibile un funzionamento privo di pericoli (ad es. in caso di danni visibili), il laser deve essere messo immediatamente fuori servizio.

- Prima della messa in funzione controllare che l'alloggiamento non presenti danni. In caso di anomalie nel funzionamento o di danni visibili mettere il laser elio-neon fuori servizio e al sicuro da ogni funzionamento accidentale.
- Non aprire mai l'alloggiamento.

## 2. Descrizione

Kit per rappresentare i fenomeni fondamentali dell'ottica ondulatoria nell'ambito di corsi di training.

### Argomento degli esperimenti:

Diffrazione e interferenza su una piastra in vetro, un diaframma con apertura, un diaframma quadrato, un reticolo a righe, un reticolo a croce

Interferometro di Michelson

Ricostruzione di un ologramma

Analisi della luce a polarizzazione lineare

Assorbimento di luce

Come sorgente luminosa si utilizza un laser a diodi parzialmente polarizzati con supporto registrabile. L'alimentazione avviene mediante un alimentatore ad innesto (fornito in dotazione) oppure in alternativa mediante batterie. I componenti sono magnetici e possono essere raggruppati sulla lavagna metallica fornita in dotazione orizzontalmente o verticalmente rispetto ai diversi allestimenti sperimentali. Tutti i componenti sono racchiusi in una valigetta rivestita di espanso con forma particolare.

## 3. Dotazione

- 1 laser a diodi con supporto registrabile
- 1 alimentatore ad innesto
- 1 scomparto batteria (senza batterie)
- 2 specchi con supporto registrabile
- 1 specchio semiargentato
- 1 schermo, bianco
- 1 schermo, vetro smerigliato
- 1 lente convessa
- 1 filtro di polarizzazione
- 1 supporto per lente e filtro
- 3 filtri colore in telaio per diapositive (rosso, verde, blu)
- 2 diaframmi con apertura in telaio per diapositive
- 2 diaframmi quadrati in telaio per diapositive
- 3 reticoli a righe in telaio per diapositive
- 1 reticolo a croce in telaio per diapositive
- 1 piastra in vetro in telaio per diapositive
- 1 supporto per diapositive
- 1 ologramma
- 1 lavagna metallica con supporto estraibile
- 4 piedini di gomma per lavagna metallica
- 1 valigetta
- 1 istruzioni

## 4. Dati tecnici

Laser a diodi:	classe di protezione laser II max: 1 mW
Lunghezza onda:	635 nm
Alimentatore ad innesto:	Primario 100 V AC - 240 V AC Secondario 3 V DC 300 mA
Scomparto batteria:	per batterie AA da 2 x 1,5 V (batterie non fornite in dotazione)
Lavagna metallica:	600 mm x 450 mm

## 5. Esempi di esperimenti

### 5.1 Interferenza

#### 5.1.1 Interferenza su una piastra in vetro sottile

- Collocare il laser senza la lente in un angolo della lavagna metallica, in modo che il raggio si sviluppi parallelamente rispetto al lato lungo della lavagna (vedere figura 1).
  - Posizionare il supporto con la piastra in vetro nell'altro angolo, in modo che il raggio sia visibile su di essa. Se necessario, impostare l'altezza mediante la vite di registro sul supporto del laser.
  - Collocare lo schermo in vetro smerigliato nell'angolo diametralmente opposto.
  - Ruotare la piastra in vetro finché il raggio non si presenta al centro dello schermo.
  - Disporre la lente direttamente davanti al laser, per allargare il raggio.
- Il diametro del raggio non deve essere più grande della piastra in vetro.
- Osservare il modello di interferenza sullo schermo. Se necessario, modificare la sua posizione finché non si ottiene un risultato ottimale.

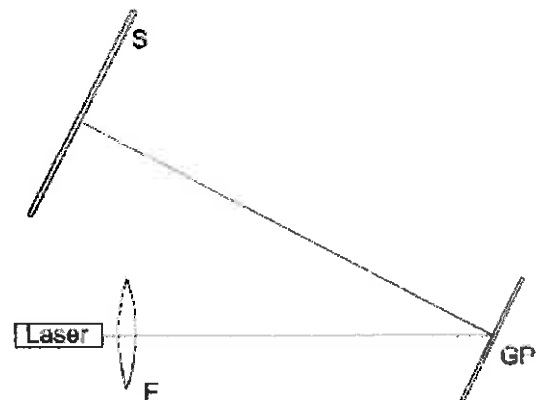


Fig.1 Struttura sperimentale (F = lente, GP = piastra in vetro, S = schermo in vetro smerigliato)

### 5.1.2 Interferometro di Michelson

- Posizionare il raggio all'incirca al centro sul lato longitudinale della lavagna (fig. 2) e orientare il raggio laser parallelamente alla piastra di base (vedere note).
- Posizionare lo specchio M2 sul lato opposto della lavagna in modo che il lato con la vite di registro non sia rivolto verso il laser. Impostare il raggio laser mediante le viti sul supporto dello specchio e il laser, in modo che il raggio torni sul laser.
- Disporre lo specchio semitrasparente tra il laser e lo specchio M2 (vedere fig. 2). L'angolo tra lo specchio semitrasparente e l'asse del raggio laser deve essere possibilmente di  $45^\circ$ .
- Montare lo specchio in vetro smerigliato in base alla fig. 2. Il raggio laser deve presentarsi nel centro.
- Disporre lo specchio M1 di fronte allo specchio in vetro smerigliato.
- Portare il raggio laser sullo schermo in copertura e alla stessa altezza della sorgente laser spostando lo specchio M1 e mediante la vite di registro sul supporto dello specchio.
- Collocare la lente tra lo specchio semitrasparente e il laser. Si origina un modello di interferenza tipico.

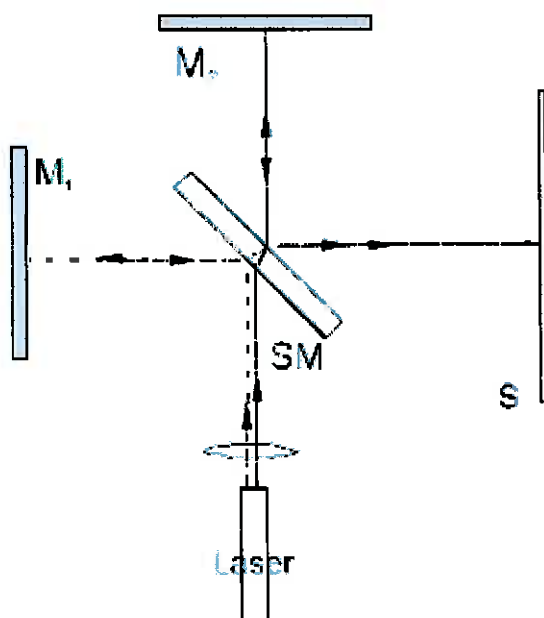


Fig. 2 Struttura sperimentale dell'interferometro di Michelson (M1, M2 = specchio, Sm = specchio semitrasparente, S = schermo in vetro smerigliato)

### Note:

Prima dell'esperimento la lente deve essere pulita accuratamente, per evitare interferenze indesiderate sulla lente, dovute a particelle di polvere. Tali interferenze sono visibili come una serie di anelli concentrici. È possibile un'interferenza dei raggi, che provengono soltanto da uno specchio M1 o M2. Per riconoscere queste interferenze, si coprono semplicemente gli specchi uno dopo l'altro.

Nel caso della struttura secondo la fig. 2 è importante che le onde circolari che si sovrappongono formino soltanto un angolo ridotto. Il motivo di interferenza risulta quindi visibile nella superficie I (vedere fig. 3a). Se l'angolo è eccessivamente grande (fig. 3b), non è possibile osservare l'interferenza. È, quindi, importante che il raggio laser sia orientato, in modo che esso si sviluppi parallelamente rispetto alla piastra di base e dopo la riflessione sugli specchi M1 e M2 continui a svilupparsi parallelamente.

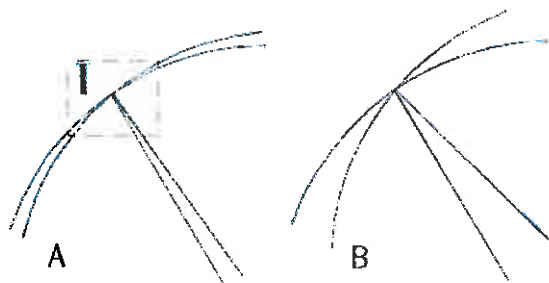


Fig. 3 Interferenza di due onde circolari

Dopo che gli specchi sono stati posizionati e allineati, sullo schermo sono visibili i due punti proiezione. Mediante l'allineamento degli specchi, è necessario portare questi punti alla stessa altezza della sorgente laser e in sovrapposizione sullo schermo. In tal modo si assicura che gli assi dei raggi si sviluppino paralleli rispetto alla superficie di base e si presentino sullo schermo. Questo allineamento riesce meglio senza la lente.

Per allineare gli specchi, si consiglia di disporre il laser molto vicino allo specchio semitrasparente. Le immagini sugli specchi devono avere dimensione e posizione identiche. Se il motivo di interferenza è visibile sullo schermo il laser può essere spostato liberamente senza influire sull'interferenza.

Dal momento che l'interferometro di Michelson è molto sensibile, la lavagna metallica deve essere collocata su una base stabile e ferma.

Se sullo schermo non è visibile nessun modello di interferenza, la lente deve essere rimossa ed è necessario accertarsi che i raggi laser si sviluppino paralleli alla piastra di base e che si presentino sullo schermo nello stesso punto. Se ciò è corretto e non è ancora possibile vedere un modello di interferenza, si consiglia di spostare uno degli specchi sull'asse ottico di circa 1 mm in avanti o indietro,



Fig. 4 Modello di interferenza di due onde circolari, se gli assi dei raggi sono sovrapposti o formano un angolo piccolo

## 5.2 Diffrazione

### 5.2.1 Diffrazione su un diaframma di apertura circolare e uno quadrato

- Fissare il diaframma di apertura circolare o quadrato sul supporto e collocarlo tra laser e schermo. La distanza tra diaframma di apertura e schermo deve essere pari ad almeno 50 cm.
- Osservare il modello di diffrazione di diversi diaframmi di apertura.

L'equazione per i massimi di diffrazione per diaframmi di apertura circolari è

$$\sin \varphi = k \frac{\lambda}{D}$$

con  $\varphi$  = angolo di diffrazione,  $k$  = ordine di diffrazione (0, 1, 2, ...),  $\lambda$  = lunghezza d'onda della luce,  $D$  = diametro dell'apertura

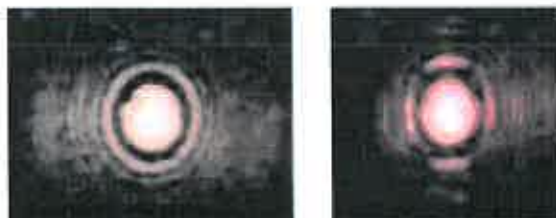


Fig. 5 Modello di diffrazione di un diaframma di apertura circolare o quadrato

### 5.2.2 Diffrazione su un reticolo

- Posizionare il laser e lo schermo smerigliato uno di fronte all'altro con la massima distanza possibile sulla lavagna metallica (vedere fig. 6)
- Disporre il reticolo in mezzo. La distanza rispetto allo schermo deve essere pari ad almeno 50 cm
- Osservare il modello di diffrazione (vedere fig. 7).

L'equazione per i massimi di diffrazione è

$$\sin \varphi = m \frac{\lambda}{d}$$

con  $\varphi$  = angolo di diffrazione,  $m$  = ordine di diffrazione (0, 1, 2, ...),  $\lambda$  = lunghezza d'onda della luce,  $d$  = costante reticolare.

- Osservare il modello di diffrazione dei diversi reticoli (G1, G2, G3, G4).
- Posizionare uno dietro l'altro due reticoli diversi.

- Osservare il modello di diffrazione.

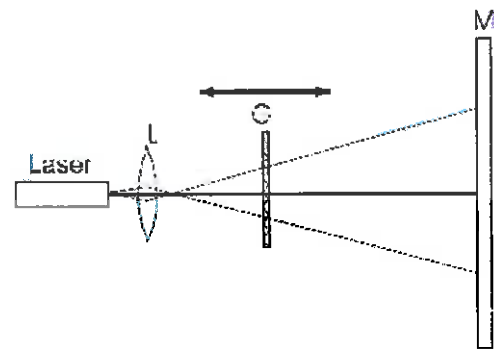


Fig. 6 Struttura per la diffrazione [G = oggetto di diffrazione (diaframma di apertura, reticolo) M = schermo in vetro smerigliato, L = lente]



Fig. 7 Modello di diffrazione di un reticolo

## 5.3 Ricostruzione di un ologramma

- Realizzare la struttura sperimentale sulla lavagna metallica come indicato in fig. 8. Posizionare, in questo caso, l'ologramma il più lontano possibile dal laser con il contrassegno rosso rivolto verso il laser.

Quanto maggiore è la superficie dell'ologramma illuminata, tanto migliore sarà l'immagine ricostruita visibile.

- Osservare l'ologramma da un angolo di circa 30°. Eventualmente ruotare lentamente l'ologramma avanti e indietro finché non è visibile l'immagine.
- Se l'immagine non viene trovata, ruotare l'ologramma di 180° o ruotare il capo (l'osservazioni all'angolo di 30° è possibile da due posizioni diverse).

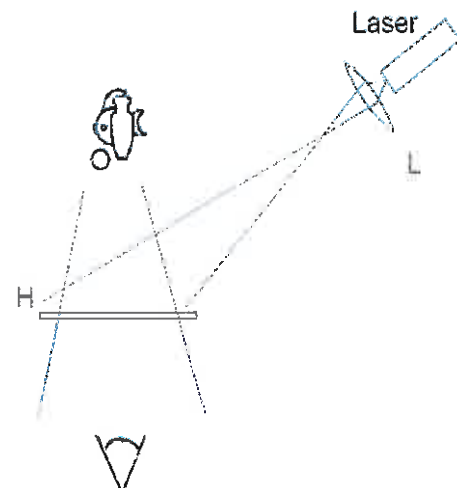


Fig. 8 Struttura sperimentale per la ricostruzione di un ologramma (L = lente, H = ologramma)

#### 5.4 Analisi di luce a polarizzazione lineare

- Realizzare la struttura sperimentale come indicato in Fig. 9.
- Ruotare il filtro di polarizzazione attorno all'asse ottico.
- Osservare la variazione di intensità del punto di proiezione sullo schermo.

##### Attenzione

In caso di estinzione a causa del filtro di polarizzazione sullo schermo non è visibile nessuna luce. Questo, tuttavia, non significa che gli occhi siano protetti dal raggio laser. Un contatto diretto dello sguardo con il raggio laser può causare danni permanenti all'occhio.

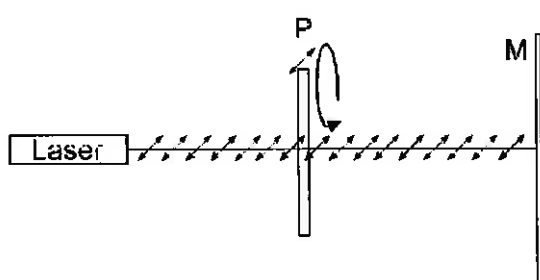


Fig. 9 Analisi di luce a polarizzazione lineare (P = filtro di polarizzazione, M schermo in vetro smerigliato)

#### 5.5 Assorbimento di luce

- Realizzare la struttura sperimentale come indicato in Fig. 10.
- Osservare la variazione dell'intensità del punto di proiezione in caso di utilizzo di filtri colore diversi.

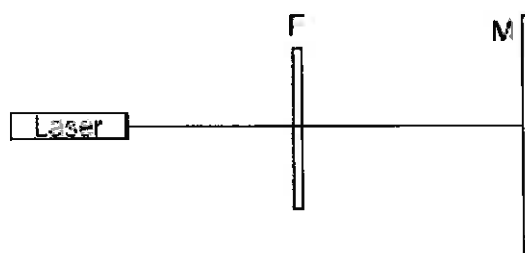


Fig. 10 Dimostrazione dell'assorbimento di luce mediante filtri colore (F = filtro colore, M = schermo in vetro smerigliato)