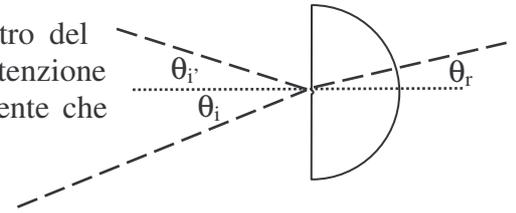


# LABORATORIO A - Ottica Geometrica

## 1) Legge della rifrazione

### Raccolta dati:

- Porre la lente a semicerchio cavo e riempita di acqua al centro del goniometro allineandola sulla griglia di riferimento e facendo attenzione che il raggio incidente passi per il centro di curvatura della lente che deve coincidere col centro del goniometro.
- Misurare ogni  $10^\circ$   $\theta_i$  e  $\theta_r$  a partire da  $0^\circ$  fino a  $80^\circ$  e a  $85^\circ$ .

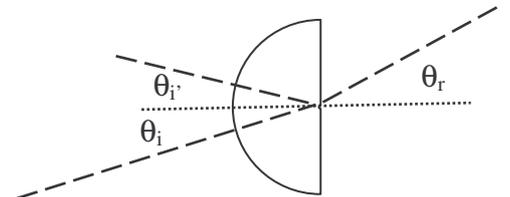


### Relazione:

- 1.1 Riportare su una tabella con incertezze  $\theta_i$ ,  $\theta_r$ ,  $\sin\theta_i$  e  $\sin\theta_r$ . Esprimere  $\theta_i$ ,  $\theta_r$  e le loro incertezze sia in gradi che in radianti. Rappresentare su un grafico  $\sin\theta_r$  in funzione di  $\sin\theta_i$ . Determinare pendenza e intercetta e confrontare il valore dell'intercetta con quello atteso.
- 1.2 Assumendo come indice di rifrazione dell'aria il valore  $n_a = 1$ , da quanto ottenuto al punto precedente ricavare l'indice di rifrazione del materiale della lente.

### Raccolta dati:

- Prendere la lente a semicerchio pieno, disporla come in figura allineandola sulla griglia di riferimento. Il raggio incidente deve passare per il centro di curvatura della lente che deve coincidere col centro del goniometro.
- Determinare con cura il valore di  $\theta_i$  per il quale si osserva la scomparsa di  $\theta_r$  (angolo limite).
- Determinare sperimentalmente l'incertezza nella misura dell'angolo limite utilizzando il metodo ritenuto più opportuno.



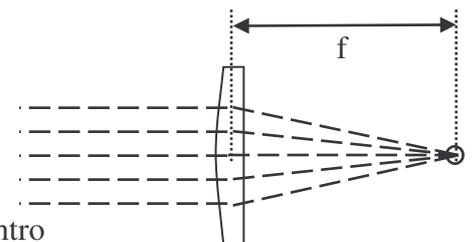
### Relazione:

- 1.3 Spiegare il metodo scelto per determinare l'incertezza della misura dell'angolo limite.
- 1.4 Dal valore dell'angolo limite, ricavare l'indice di rifrazione del materiale della lente (porre  $n_a = 1$ ).
- 1.5 Dalle misure dell'indice di rifrazione di 1.2 ed 1.4, dire e giustificare se i due metodi di misura proposti sono in grado di quantificare la differenza fra gli indici di rifrazione dei due materiali.

## 2) Lente sottile in aria

### Raccolta dati (lente convergente):

- Porre la lente piano-convessa su un foglio bianco e inviare i raggi in modo da visualizzare il fuoco della lente.
- Fare in modo che i raggi incidenti incontrino prima la faccia piana di quella convessa e poi viceversa (lasciando fisso il centro della lente).
- Segnare sul foglio il profilo curvo e quello piano della lente e il suo fuoco, togliere la lente, e determinare  $f$ . Ripetere altre 3 volte questa operazione per misurare  $f$  con incertezza di tipo A (totale 4 volte).

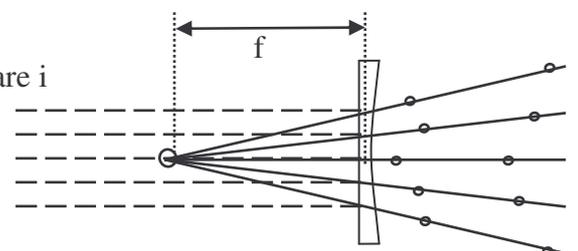


### Relazione:

- 2.1 Come cambia il fuoco della lente se questa viene rigirata (da piano-convessa a viceversa)?
- 2.2 Riportare i valori di  $f$  e la sua misura con incertezze. Dal valore dell'indice di rifrazione misurato in precedenza (al punto 1.4), ricavare il raggio di curvatura della lente con la relazione  $f = R / (n-1)$ .

### Raccolta dati (lente divergente):

- Porre la lente piano-concava su un foglio bianco, inviare i raggi, segnare sul foglio il profilo della lente e due punti di ogni raggio rifratto. Togliere la lente,



prolungare i raggi e determinare  $f$ . Ripetere altre 3 volte l'operazione per misurare  $f$  con incertezza di tipo A (totale 4 volte).

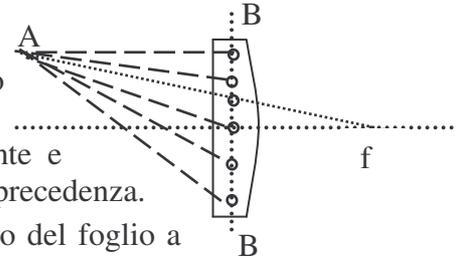
#### Relazione:

- 2.3 Riportare i valori di  $f$  e la sua misura con incertezze. Dal valore dell'indice di rifrazione misurato al punto 1.4, ricavare il raggio di curvatura della lente con la relazione  $f = R / (n-1)$ .
- 2.4 Confrontare i raggi di curvatura della lente convergente e divergente.

### 3) Formazione di immagini da lenti sottili

#### Raccolta dati (lente convergente):

- Tracciare una linea retta (asse ottico) al centro di un foglio bianco, parallelamente al lato lungo. Porre la lente piano-convessa sul foglio perpendicolarmente all'asse ottico (che deve passare per il centro della lente) a circa metà del foglio, disegnare il profilo della lente e segnare il fuoco alla sua destra assumendo per  $f$  il valore misurato in precedenza.
- Segnare un punto A (oggetto) a 1cm dall'asse ottico sul lato sinistro del foglio a circa  $f/2$  dal centro della lente.
- In corrispondenza dell'asse della lente (linea BB in figura) segnare 5 punti ad altezza +1.5cm, +0.7cm, 0, -0.7cm, -1.5cm dall'asse ottico. Segnare anche il punto di intersezione fra la retta congiungente il punto A ed il fuoco (totale 6 punti).
- Inviare raggi singoli in modo che passino per il punto A e, di volta in volta, per i 6 punti segnati sull'asse della lente. Per ogni raggio emergente segnare due punti. Prolungare i raggi ed individuare il punto in cui questi convergono (punto immagine) misurandone le coordinate dal centro della lente.
- Ripetere tutta l'osservazione (cioè tutti i passi precedenti) altre 2 volte (totale 3 volte).
- Facoltativo (ma utile!): provare a verificare la dipendenza fra ingrandimento e distanza del punto sorgente usando la lente per ingrandire un testo. Dare un'occhiata anche al programma di simulazione ...



#### Relazione:

- 3.1 Riportare con incertezza la posizione del punto oggetto e del punto immagine per ciascuna delle 3 misure. Riportare il rapporto (con incertezza) fra l'altezza del punto immagine e del rispettivo punto oggetto (cioè l'ingrandimento).
- 3.2 Determinare la misura dell'ingrandimento ( $i$ ) della lente (incertezza di tipo A) e confrontarlo con il valore  $i=2$ .

### 4) Leggi della riflessione

#### Raccolta dati (specchio concavo):

- Partire da una posizione in cui la vostra immagine è ribaltata ed avvicinarsi fino a che l'immagine non scompare. Misurare la distanza fra pupilla e centro dello specchio **con il metro di carta**.
- Continuare ad avvicinarsi e fermarsi appena l'immagine riappare (ingrandita, ma non ribaltata). Misurare la distanza fra pupilla e centro dello specchio **con il metro di carta**.

#### Relazione:

- 4.1 Il fuoco è compreso fra le due distanze che avere misurato. Stimare la distanza focale con la sua incertezza.
- 4.2 Riportare una misura del raggio di curvatura e confrontarla con  $R=(1.500\pm 0.050)m$ .

# Emissione di radiazione per temperatura

## ELEMENTI TEORICI (emissione di corpo nero):

- 1) Ogni corpo ad una qualsiasi temperatura emette radiazione elettromagnetica con caratteristiche che dipendono principalmente dalla temperatura a cui si trova il corpo e secondariamente dalle caratteristiche del corpo stesso. Le proprietà di emissione sono strettamente collegate con quelle di assorbimento ed un emettitore ideale è a sua volta un assorbitore ideale di radiazione elettromagnetica (corpo nero). Le caratteristiche di emissione di corpo nero sono descritte dalla legge di Stefan-Boltzmann che lega l'intensità della radiazione  $I$  (potenza per unità di superficie) alla quarta potenza della temperatura assoluta del corpo  $T$  attraverso la costante  $\sigma$  detta di Stefan-Boltzmann. Tale dipendenza dalla temperatura è verificata anche per i corpi che non sono emettitori ideali (corpi grigi) per cui la legge si scrive

$$I = \varepsilon \sigma T^4 \text{ (W/m}^2\text{)}$$

dove  $\varepsilon$  è detta emissività e vale  $\varepsilon=1$  per corpi neri. La radiazione è emessa in un intervallo di frequenze (spettro della radiazione) che dipende anche esso dalla temperatura (legge di Wien); per corpi a temperature dell'ordine di quelle di ambiente, una parte rilevante dello spettro è nell'infrarosso.

- 2) Dalla conservazione dell'energia, la radiazione emessa in tutto l'angolo solido dall'emettitore (considerato puntiforme e nello spazio libero) è costante; quindi l'intensità  $I_0$  in un punto distante  $r_0$  dalla sorgente e quella  $I(r)$  misurata in un punto che ne dista  $r$  sono legate dalla relazione

$$I_0 r_0^2 = I(r) r^2$$

## ELEMENTI TEORICI (variazione della resistenza con la temperatura):

Il rapporto fra corrente e tensione in un resistore (cioè la resistenza  $R$ ) è in genere funzione della temperatura  $T$  e la dipendenza può essere approssimata in molte applicazioni con

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

anche per  $T \gg T_0$ ;  $R_0$  è la resistenza alla temperatura  $T_0$  ed  $\alpha$  il coefficiente di temperatura.

## RACCOLTA DATI:

- Collegare la lampadina al generatore di tensione; tale generatore permette di leggere la tensione  $V$  e la corrente  $I_e$  erogata dal generatore azionando l'interruttore sul pannello frontale.
- Avviare il sensore ad infrarossi, impostato sulla lettura digitale (con 3 cifre decimali).
- Variare la tensione da 2V ad 11V a passi di 1V ed annotare la corrente erogata  $I_e$  e l'intensità  $I$  ( $\text{W/m}^2$ ) letta dal sensore.
- Spegner la lampadina a fine misura (**ed attenzione che scotta!**).

## RELAZIONE:

- 4.1 Riportare in una tabella (senza incertezze) la tensione  $V$ , la corrente  $I_e$ , il valore della resistenza  $R$  della lampadina, l'intensità della radiazione infrarossa  $I$ , il rapporto fra la resistenza  $R$  e quella del primo punto misurato  $R_1$  ed il rapporto fra  $I$  e quella  $I_1$  (intensità del primo punto misurato).
- 4.2 Riportare in una tabella (senza incertezze) ed in un grafico il logaritmo in base 10 di  $I/I_1$  in funzione del logaritmo di  $R/R_1$ ; calcolarne pendenza ed intercetta.
- 4.3 Assumendo che  $R(T)$  sia proporzionale alla temperatura  $T$  (cioè  $R(T) \sim R_0 \alpha T$ ), ricavare la relazione fra  $\log(I/I_1)$  e  $\log(R/R_1)$  secondo la legge di Stefan-Boltzmann. Confrontare la pendenza e l'intercetta misurate con le attese teoriche.

### **RACCOLTA DATI:**

- Collegare la lampadina al generatore di tensione, impostando la tensione a circa 5V (annotare tensione e corrente erogate).
- Posizionare il sensore a circa 3 cm dalla lampadina (che potrebbe scottare), misurando la distanza tra filamento e superficie del sensore. Stimare l'incertezza della misura, specificando come è stata valutata.
- Allontanare il rivelatore dalla lampadina variando la posizione a passi di circa 1cm, fino a giungere a circa 10cm. Annotare la posizione del rivelatore **d** e la lettura del sensore **I** (lettura digitale con 3 cifre decimali).

### **Suggerimento per il titolo del grafico:**

Dalla legge di conservazione dell'energia si può scrivere che  $I=A/(d-d_0)^2$  dove  $d_0$  è la distanza (non nota) della sorgente (cioè il punto di intensità infinita), **d** quella da voi misurata fra filamento e sensore ed **A** è una costante.

### **RELAZIONE:**

- 5.1 Riportare in una tabella (con incertezze) la posizione del rivelatore **d** e l'intensità della radiazione **I**.
- 5.2 Riportare la tabella (senza incertezze) ed il grafico di  $1/I^{1/2}$  in funzione di **d** ricavando il titolo del grafico dal suggerimento precedente.
- 5.3 Determinare pendenza ed intercetta e, da esse, ricavare la distanza (senza incertezza) **d<sub>0</sub>**.