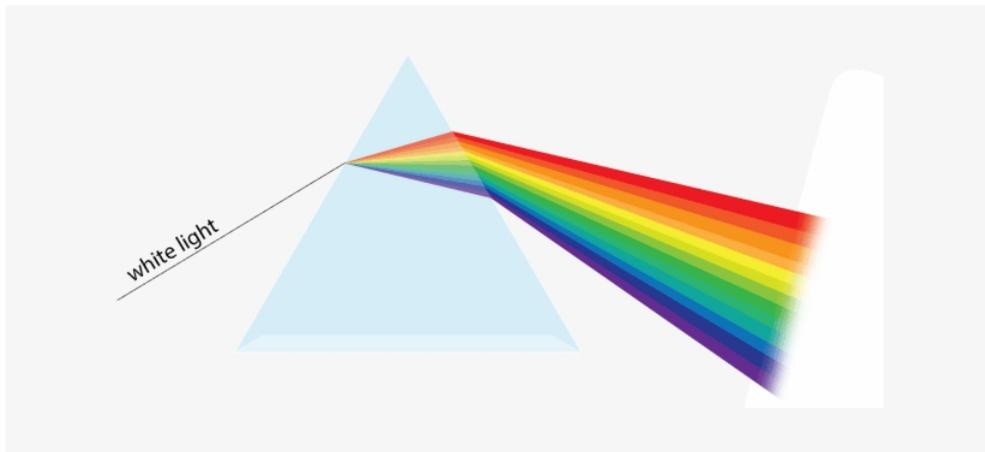


# Materiali, rifrazione e lenti spesse

Giuseppe Sottile

23 giugno 2021



## 1 Abstract

In questa mini dissertazione si studia il fenomeno della rifrazione su una lente cilindrica, analizzando attraverso le relazioni di ottica elementare l'indice di rifrazione di acqua ed aria rispettivamente.

## 2 Keywords

Rifrazione, Riflessione, Luce, Lenti, Ottica, Prisma, Diottro

◇

## 3 Materiale

- Smartphone Mate 10 Pro BLA-L09 con Sistema operativo Android 10 - 6Gb RAM, Processore HiSilicon Kirin 970.
- Fotocamera
- Programma Excel/Scidavis
- Bicchiere di forma cilindrica
- Righello

## 4 Introduzione

E' esperienza comune osservare come un fascio luminoso venga deviato passando da un mezzo ad un altro avente indice di rifrazione diverso. Un esempio abbastanza comune lo si osserva quando ad esempio immergiamo un oggetto in un contenitore trasparente pieno d'acqua e vediamo come l'oggetto sembra essere deformato e/o sdoppiato o addirittura spostato dalla sua posizione di partenza, in realtà la luce che arriva ai nostri segue percorsi diversi a causa della differenza tra l'acqua e l'aria. Questi mezzi separati da una sorta di "interfaccia-superficie" hanno caratteristiche differenti; in particolare l'aria ha un indice di rifrazione di circa 1.0003, mentre l'acqua 1.33. Quando un fascio luminoso incontra un mezzo differente delimitato dalla sua superficie di separazione possono verificarsi diversi fenomeni di riflessione e rifrazione correlati alle caratteristiche dei due mezzi come ad esempio la densità, e da fattori geometrici, come l'angolo di incidenza.

### 4.1 Lenti

Una lente è un oggetto di natura ottica, che ha la caratteristica di avere un indice di rifrazione ed una geometria in grado di collimare o differire l'insieme dei fasci luminosi che riescono a catturare, nel primo caso si parla di **lenti convergenti**, nel secondo caso di **lenti divergenti**. Il punto in cui tutti i fasci vengono collimati prende il nome di fuoco<sup>1</sup>

In questa trattazione faremo uso di una lente relativamente semplice da implementare con semplici oggetti di uso comune, ossia una lente cilindrica. Una lente cilindrica anziché collimare in un punto, concentra la luce su di una retta. Questo tipo di lente riesce a collimare tutta la luce catturata sul suo piano di base.

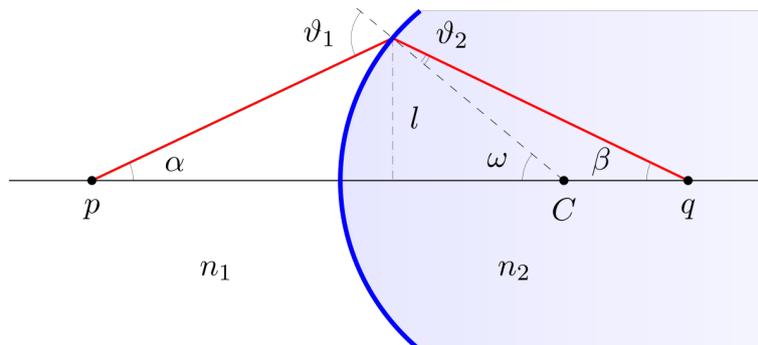


Figura 1: Modello del diottro sferico di Gauss

### 4.2 Le lenti spesse

Una lente si dice spessa se il suo spessore non può essere considerato "piccolo", rispetto alla sua lunghezza focale. Per le lenti cilindriche spesse vale la seguente relazione che lega la distanza focale  $f$  con l'indice di rifrazione  $n$  del cilindro ed il suo raggio  $R$

$$f = \frac{1}{2} \left( \frac{n-2}{1-n} \right) R$$

---

<sup>1</sup>il nome "fuoco" ci fa intuire quello che succede se si prende una lente sotto la luce del sole, si osserva il suo potere ustionante in grado di provocare piccoli incendi. Mai guardare la luce del sole attraverso una lente!

## 5 Procedimento

Dopo aver riempito il bicchiere con dell'acqua fino all'orlo (senza lasciarne cadere una neanche goccia) si è passati al posizionamento della sorgente luminosa offerta dal led dello smartphone diretto centralmente al cilindro ad una distanza di  $2\text{cm}$ .



Figura 2: Illuminazione su lenti cilindriche

### 5.1 Posizionamento nel fuoco

Variando la distanza dal led al bicchiere cilindrico, fino ad ottenere un fascio perfettamente dritto come nella foto si è raggiunta la posizione focale del led. In sostanza il led è posizionato nel fuoco della lente.

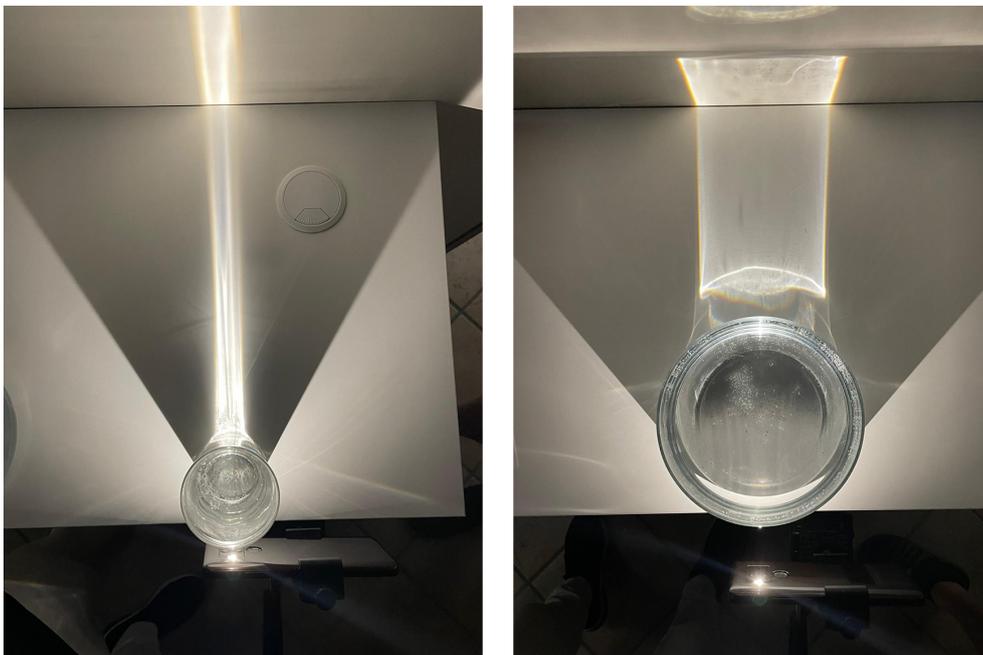


Figura 3: Fuoco su alcune lenti cilindriche

## 5.2 Perturbazioni

Giocando sulla superficie dell'acqua si sono osservati diversi profili interessanti sul fascio luminoso, come riportato dalle seguenti immagini:

## 5.3 Indice di rifrazione

Partendo dalla relazione per la lente cilindrica

$$f = \frac{1}{2} \left( \frac{n-2}{1-n} \right) R$$

Possiamo ricavare la  $n$  attraverso dei passaggi algebrici:

$$(1-n)f = \frac{1}{2}(n-2)R$$

$$f - nf = \frac{1}{2}(n-2)R$$

$$f = nf + \left( \frac{n}{2} - 1 \right) R$$

$$R + f = nf + \frac{nR}{2}$$

$$n = \frac{R+f}{f + \frac{R}{2}} = \frac{R+f}{\frac{2f+R}{2}} = 2 \frac{R+f}{2f+R}$$

$$n = \frac{2(R+f)}{2f+R}$$

◇

Riguardo all'incertezza, attraverso semplici considerazioni di analisi degli errori si perviene alla seguente incertezza relativa alla formula sopra mensionata:

$$\begin{aligned} \frac{\delta n}{|n|} &= \frac{\delta \left( \frac{2(R+f)}{2f+R} \right)}{\left| \frac{2(R+f)}{2f+R} \right|} = \frac{\delta(2(R+f))}{|2(R+f)|} + \frac{\delta(2R+f)}{|2R+f|} = \\ &= 2 \frac{\delta(f)}{|2f|} + 2 \frac{\delta(R)}{|R|} + 2 \frac{\delta(f)}{|f|} \end{aligned}$$

◇

## 6 Risultati

La tabella riporta alcuni valori misurati con le relative incertezze. Le prime 4 righe fanno riferimento ad una lente realizzata con un bicchiere di raggio pari a  $3.3\text{cm}$ , mentre l'ultima riga, per un raggio di circa  $8.5\text{cm}$ .

R	f	n	Delta_R	Delta_f	Delta_n	n pm Delta_n	Delta_abs	incertezza assoluta
0,033	0,025	1,3975904	0,001	0,001	0,140631	1,201046	14,06311	0,196545
0,033	0,026	1,3882353	0,001	0,001	0,137555	1,197276	13,75551	0,190959
0,033	0,026	1,3882353	0,001	0,001	0,137555	1,197276	13,75551	0,190959
0,033	0,028	1,3707865	0,001	0,001	0,132063	1,189757	13,20626	0,18103
0,086	0,065	1,3981481	0,001	0,001	0,05409	1,322522	5,409004	0,075626

Figura 4: Misure

◇

## 7 Discussione

Essendo la lente non perfettamente cilindrica (in quanto realizzata con bicchieri e coppe in vetro con una lieve geometria conica), il fascio sul piano base non essendo perfettamente a contorni paralleli ha inciso probabilmente sulla precisione delle misure. Inoltre la posizione rispetto alla quota in riferimento alla base della lente essendo un altro fattore variabile ha inciso anch'esso. Nell'esperimento si è osservato, come, toccando la superficie dell'acqua in diversi punti - l'effetto di perturbazione è apparso, naturalmente, diverso. Gettando delle polveri e/o dei pezzetti di carta galleggianti si è osservato il riflesso sulla superficie realizzare delle forme geometriche interessanti. Si osservato inoltre come l'acqua non perfettamente limpida, contenente ad esempio dell'aria o altre impurità o colorazioni agisce come filtro della luce attenuando il fascio.

## 8 Conclusioni e note

L'esperimento ha mostrato come è possibile realizzare una semplice lente cilindrica attraverso un bicchiere e dell'acqua e come sia possibile attraverso delle semplici considerazioni geometriche all'indice di rifrazione.

## 9 Bibliografia

- Riccardo Bruzzese, Ottica, laser e applicazioni - Liguori ed. 1994
- Mencuccini Silvestrini (Fisica II) Elettromagnetismo ed Ottica - Liguori Ed. 1999
- Mazzoldi Nigro Voci (Fisica II) - Edises 2018
- Wikipedia