

# Verifica della legge delle lenti sottili e studio delle aberrazioni ottiche

Marco Vianello<sup>1</sup>

## Abstract

La lunghezza focale di una prima lente convergente è stata determinata utilizzando il metodo dei punti coniugati e il metodo di Bessel. Le aberrazioni cromatica e sferica di una seconda lente sono state analizzate rispettivamente osservando la variazione del punto focale con la lunghezza d'onda e misurando la diversa focalizzazione dei raggi marginali rispetto a quelli parassiali. In questa seconda fase è stato utilizzato un doppietto di Dullond di lunghezza focale nota per generare un fascio di luce collimata, in quanto la prima lente si è dimostrata non adatta allo scopo.

## 1 Cose da fare per quanto riguarda la relazione

- Descrizione dell'apparato e del processo di misura
  - Scriviamo giù tutti gli oggetti che avevamo (famo "na specie di lista)
  - Poi io farei sottosezioni tipo «Stima con punti coniugati», «Stima con Bessel», ecc. Dentro ognuna di queste la descrizione turbo-autism di come abbiamo fatto a prendere le misure CAD compresi (chi li fa)?
- Descrizione del processo di analisi dati e conclusioni
  - Qui magari scriviamo come abbiamo apportato le correzioni (riferendoci ai disegni fatti col CAD di cui sopra), e spieghiamo come abbiamo determinato le incertezze (che io nn ho ancora capito come cabbo si fa). Non so.

## 2 Introduzione

L'equazione fondamentale delle lenti sottili

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (2.1)$$

dove  $p$  è la distanza oggetto-lente,  $q$  è la distanza lente-immagine nitida e  $f$  è la lunghezza focale della lente in esame, si deriva nell'approssimazione parassiale (per raggi poco inclinati rispetto all'asse ottico) e descrive il comportamento ideale di una lente priva di aberrazioni.

### 2.1 Prima parte: stima della lunghezza focale di una lente e verifica dell'Equazione (2.1)

Nella prima parte dell'esperienza la validità dell'Equazione (2.1) è stata verificata e sfruttata per determinare la lunghezza focale di una lente convergente (in seguito «lente numero 1», «prima lente», ecc.). La procedura di misura seguita è riassunta nel «metodo dei punti coniugati» e nel «metodo di Bessel», ora descritti brevemente. I dettagli sul setup sperimentale e sulla procedura di misura e di analisi dei dati sono riportati nella Sezione 3.

**Il metodo dei punti coniugati.** Su una breadboard ottica sono stati allestiti un oggetto (costituito da una sorgente luminosa a piè della quale è stata posta una maschera opaca forata) e una guida metrica lineare. La lente in esame e una camera CCD sono state disposte a posizione variabile sulla guida metrica in modo da determinare il maggior numero di coppie  $(p, q)$  di «punti coniugati» per i quali l'immagine dell'oggetto prodotta dalla lente risultasse a fuoco sulla camera. La lunghezza focale  $f$  della prima lente è stata quindi calcolata mediante un fit lineare sulle coppie  $(\frac{1}{p}, \frac{1}{q})$ , la cui relazione funzionale è descritta appunto dall'Equazione (2.1).

**Il metodo di Bessel.** Sulla breadboard ottica equipaggiata come nel punto precedente la camera è stata fissata a una distanza  $d > 4f$  (dove  $f$  è la distanza focale stimata con il metodo precedente) dall'oggetto. In tali condizioni si ricava che esistono due punti distinti tra oggetto e camera nei quali

l'immagine è a fuoco. Se  $\Delta$  è la distanza tra queste due posizioni la lunghezza focale si calcola con la relazione

$$f = \frac{d^2 - \Delta^2}{4d}, \quad (2.2)$$

pertanto è possibile fornire una stima precisa di  $f$  ripetendo la procedura di misura della distanza  $\Delta$  per diverse posizioni della camera.

La determinazione diretta dei valori  $p$  e  $q$  nel metodo dei punti coniugati è soggetta dalla difficoltà pratica di individuare con precisione i piani principali della lente, ovvero i punti di riferimento teorici dai quali si misurano le distanze oggetto-lente e lente-camera. È stato assunto che ciascun piano principale fosse collocato a circa un terzo dello spessore  $VV'$  della lente all'interno del vetro, ovvero a una distanza  $\frac{VV'}{3}$  dal vertice corrispondente. Tuttavia, questa rimane una stima approssimata la cui incertezza contribuisce direttamente all'incertezza sistematica nella determinazione diretta di  $p$  e  $q$  per il metodo dei punti coniugati. Il metodo di Bessel è esente da questo tipo di errore sistematico.

## 2.2 Seconda parte: studio delle aberrazioni ottiche

Per lo studio qualitativo delle aberrazioni il banco ottico è stato riconfigurato per ottenere un fascio di luce parallelo incidente sulla lente in esame (in seguito «lente numero 2», «seconda lente», ecc.). Questo è stato realizzato posizionando la sorgente luminosa nel fuoco anteriore di un doppietto ottico, che ha funto in tal modo da collimatore dei raggi luminosi.

Successivamente,

1. È stata registrata la variazione del punto focale della seconda lente in funzione della lunghezza d'onda della luce emessa dalla sorgente al fine di valutare quantitativamente l'aberrazione cromatica longitudinale.
2. Diocane

## 3 L'apparato sperimentale e la metodologia di misura