

Richiami sulle lenti e gli specchi

Il funzionamento di uno specchio sferico o di una lente sottile e' descritto dalla seguente formula di Gauss:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

dove p ed i sono rispettivamente le distanze di un punto dell'oggetto e della corrispondente immagine dal centro della lente o dello specchio (vertice); mentre la distanza focale f :

- per uno specchio sferico di raggio r e' data da :

$$f = \frac{r}{2}$$

- per una lente di indice di rifrazione n , immersa in aria, e di raggi di curvatura r_1 ed r_2 e' data da:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Bibliografia:

D. Halliday, R. Resnick, J. Walker;
"Fondamenti di Fisica"; Ed. Ambrosiana.

Le aberrazioni delle lenti e degli specchi

La formula di Gauss e' una approssimazione ottenuta a partire dalle leggi di Snell della rifrazione e della riflessione, sotto l'ipotesi che i raggi formino angoli piccoli rispetto all'asse ottico e siano vicini ad esso.

I raggi che non hanno questa proprieta' producono nelle immagini le seguenti aberrazioni:

- ABERRAZIONE SFERICA
- ASTIGMATISMO
- CURVATURA DEL CAMPO
- COMA
- DISTORSIONE

Queste cinque aberrazioni sono presenti sia negli specchi che nelle lenti. In aggiunta, le lenti soffrono della

- ABERRAZIONE CROMATICA

dovuta alla dipendenza dell'indice di rifrazione dalla lunghezza d'onda della radiazione.

Telescopi rifrattori e riflettori

Nella costruzione degli strumenti ottici le superfici delle lenti e degli specchi sono progettate in modo tale da ridurre al minimo le aberrazioni e devono essere lavorate con una tolleranza dell'ordine della lunghezza d'onda della luce ($10^{-7}m$).

Poiche' le lenti presentano il problema ulteriore dell'aberrazione cromatica i telescopi professionali moderni utilizzano come obbiettivo uno specchio (Telescopi Riflettori), questa scelta permette diametri molto piu' grandi.

Infatti per la realizzazione di uno specchio basta lavorare una sola superficie ottica. Invece una lente acromatica e' costituita dall'accoppiamento di almeno due vetri diversi , e la sua costruzione comporta la lavorazione di quattro superfici.

Inoltre, poiche' le lenti sono attraversate dalla radiazione, presentano lo svantaggio di una maggiore attenuazione della radiazione che diventa severa nella regione dell'ultravioletto.

- La lente piu' grande mai realizzata (1897) e' quella del Telescopio Rifrattore di Yerkes, con un diametro di 102 cm.
- Con le attuali tecnologie e' possibile costruire specchi del diametro dell'ordine di 10 m, (e.g: 8.2 m del Very Large Telescope dell'ESO) e si stanno progettando telescopi da diverse decine di metri.
- Oggi e' anche possibile realizzare le cosiddette "ottiche attive" nelle quali le superfici degli specchi vengono continuamente deformate sotto il controllo di un elaboratore, al fine di ottimizzare l'immagine in funzione dell'assetto del telescopio e delle condizioni della turbolenza atmosferica (seeing).

Risoluzione - Scala - Ingrandimento

Questi parametri sono di interesse anche per i piccoli strumenti per uso didattico o amatoriale.

POTERE RISOLUTIVO

Se l'oggetto è puntiforme, l'obiettivo ne produce un'immagine di diffrazione nella quale più del 80% dell'energia cade nel massimo centrale.

Il potere risolutivo $\Delta\theta$, cioè la capacità di distinguere due oggetti puntiformi contigui, è data dal criterio di Rayleigh:

$$\Delta\theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

ove λ è la lunghezza d'onda della radiazione, D il diametro dell'obiettivo, e l'angolo è misurato in radianti.

Per $\lambda = 550 \text{ nm}$, centro della banda visibile, $\Delta\theta$ (") in secondi d'arco è dato da:

$$\Delta\theta(\text{"}) \cong \frac{11}{D(\text{cm})}$$

un obiettivo di diametro maggiore 11 cm ha dunque un potere risolutivo teorico migliore di 1" (*Il potere risolutivo dell'occhio è circa 1'*).

Tuttavia il degrado dell'immagine dovuto al "seeing" impone un limite che è di circa 1" e quindi la risoluzione teorica non viene mai raggiunta.

Questo è uno dei motivi per cui gli strumenti professionali vengono posti al di fuori dell'atmosfera o dotati di "ottiche attive".

SCALA SUL PIANO FOCALE

Ha rilevanza per la fotografia astronomica, anche nel caso dei piccoli strumenti.

Un oggetto che ha un raggio angolare θ produrrà sul piano focale un'immagine la cui dimensione lineare l è data da

$$l = f \times \tan \theta \cong f \times \theta$$

Così, per esempio, in un telescopio di lunghezza focale $f = 1\text{m}$, il Sole o la Luna, che hanno un diametro angolare di circa 0.5° produrranno sul piano focale un dischetto di 1 cm.

INGRANDIMENTO

Ha rilevanza solo per le osservazioni dirette visuali dei pianeti, per mezzo di un oculare.

L'ingrandimento M è dato dal rapporto delle lunghezze focali dell'obbiettivo e dell'oculare:

$$M = \frac{f_{obb}}{f_{oc}}$$

L'ingrandimento limite dipende dal "seeing", e dalla luminosità dell'immagine che è proporzionale al quadrato del diametro dell'obbiettivo.

A titolo di esempio riportiamo in tabella alcuni valori dell'ingrandimento limite e della magnitudine limite in funzione del diametro dell'obbiettivo.

D(cm)	Ing. max	Mag. lim.
6.0	150	10.0
8.0	200	11.0
10.0	230	12.0
15.0	290	12.5
20.0	340	13.3
30.0	420	14.0