



Olimpiadi Italiane di Astronomia

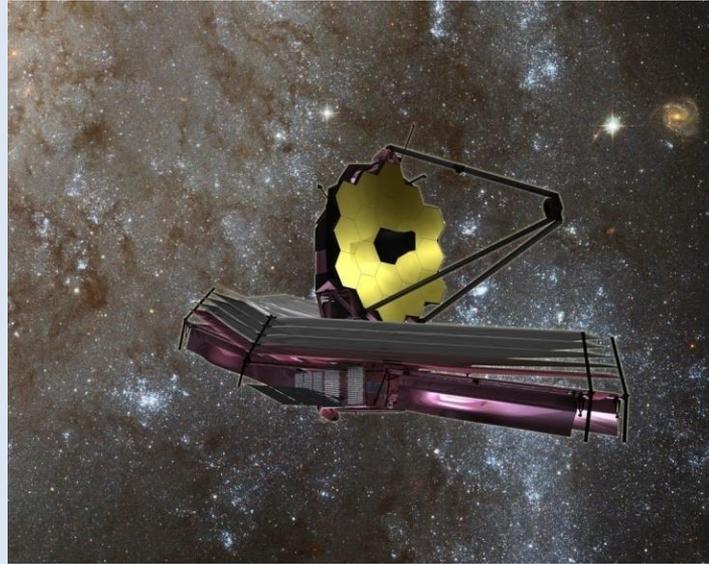
Preparazione alla fase interregionale
delle Olimpiadi Italiane di Astronomia

I TELESCOPI

By Giuseppe
Cutispoto



Telescopi Astronomici



Lo studio dei corpi celesti è, in gran parte, basato sull'analisi della loro radiazione elettromagnetica; fino al 1609 (anno in cui Galileo rivolse verso il cielo il suo "Perspicillum exactissimum") le osservazioni astronomiche erano effettuate a occhio nudo. Oggi i telescopi sono gli strumenti più utilizzati per studiare l'Universo. Essendo in grado di catturare molta più radiazione dell'occhio umano, ci permettono di osservare oggetti altrimenti invisibili. La possibilità di "ingrandire" le sorgenti estese permette inoltre di cogliere molti più dettagli rispetto alle osservazioni a occhio nudo.

Ingrandimento

È dato dal rapporto tra la focale del telescopio (F) e quella dell'oculare (f'). Quindi **non è una caratteristica del telescopio !**

$$I = \frac{F}{f'}$$

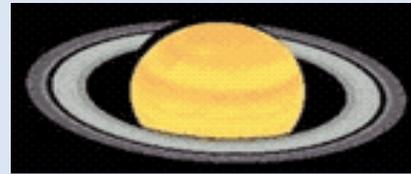
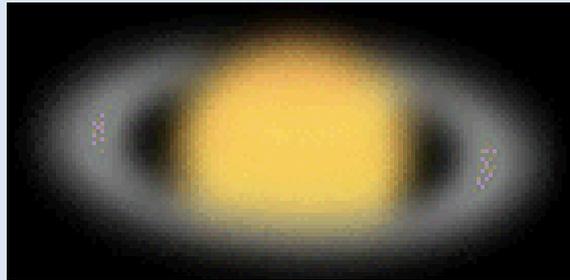
Il **massimo ingrandimento** utile (I_{\max}) è funzione del rapporto tra il potere risolutivo del rivelatore e il potere risolutivo del telescopio

Per osservazioni visuali: $I_{\max} \sim D$ (in millimetri)

Quindi con un telescopio $D = 50$ cm e $f/8$ ($F = 400$ cm), avremo $I_{\max} \sim 500$, che si otterrà utilizzando un oculare con $f' = 8$ mm. I_{\max} dipende anche dal tipo di telescopio (per i rifrattori si può arrivare anche a $I_{\max} \sim 2D$) e dall'oggetto osservato

Ingrandimento

Nella pratica si deve sempre adattare l'oculare alle condizioni atmosferiche ed è molto difficile utilizzare un telescopio al suo massimo ingrandimento. Se il "seeing" (ovvero gli effetti dovuti alla turbolenza dell'atmosfera della Terra) è elevato con un ingrandimento minore otterremo immagini di qualità migliore.



Con il **minimo ingrandimento** (I_{\min}) si disperde la luce su un'area delle stesse dimensioni del rivelatore

Per osservazioni visuali: $I_{\min} \sim D/7$ (con D in millimetri)

Quindi con un telescopio $D = 50$ cm e $f/8$ avremo, $I_{\min} \sim 70$, che si otterrà utilizzando un oculare con focale $f' = 56$ mm



Basso ingrandimento



Alto ingrandimento

A parità di telescopio, un oculare con focale più corta fornisce un'immagine con dimensioni lineari maggiori, ma con una luminosità superficiale minore. Ciò in quanto con un maggiore ingrandimento la stessa quantità di energia (quella raccolta dal telescopio è fissata dalla sua apertura) viene dispersa su un'area più grande

Campo visivo ("FoV")



La distanza tra i bordi opposti dell'immagine fornita da un telescopio è il suo "Campo Visivo" (FoV). Anche il **FoV non è una caratteristica di un telescopio**, in quanto dipende dal FoV dell'oculare utilizzato e dal corrispondente ingrandimento:

$$\text{FoV}_{\text{telescopio}} = \frac{\text{FoV}_{\text{oculare}}}{I} = \frac{f' \text{FoV}_{\text{oculare}}}{F}$$

Gli oculari possono avere: $50^\circ < \text{FoV}_{\text{oculare}} < 80^\circ$

Se $\text{FoV}_{\text{oculare}} = 60^\circ$ e $I = 200$, avremo $\text{FoV}_{\text{telescopio}} = 0.3^\circ = 18'$

Potere Risolutivo

A causa della natura ondulatoria della luce l'immagine di una sorgente puntiforme (quale può essere considerata una stella) non è un punto, ma una **“figura di diffrazione”** (la cui parte centrale è comunemente indicata come **“disco di Airy”**)



Immagine di una sorgente puntiforme

La figura di diffrazione **non è un difetto delle ottiche**, ma una **limitazione** imposta dalla **natura ondulatoria** della luce.

Il **“potere risolutivo”** (α) di un telescopio con apertura **“D”** per osservazioni alla lunghezza d'onda **“l”** è dato da:

$$\alpha \text{ (rad)} = 1.22 \frac{\lambda}{D} \quad \text{oppure} \quad \alpha \text{ (")} = 1.22 \frac{\lambda}{D} \cdot 206265$$

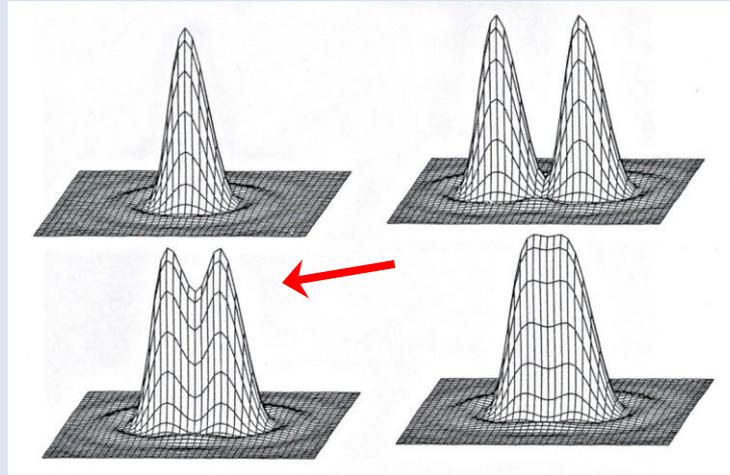
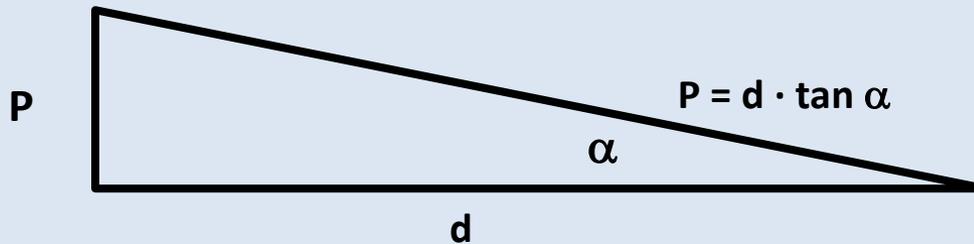
$$(1 \text{ radiante} \cong 57^\circ.3 \cong 206265\text{"})$$

ed è la distanza angolare minima di due sorgenti puntiformi che risultano separabili (criterio di Rayleigh); ovvero, nota la distanza (d) di un corpo esteso, le dimensioni (P) del più piccolo particolare del corpo che risulta distinguibile.

Potere Risolutivo

Se $\lambda = 5500 \text{ \AA}$ (banda del "visibile") e $D = 1 \text{ m}$

$$\alpha = \frac{1.22 \cdot 5500 \cdot 10^{-10} \cdot 206265}{1} = 0''.14$$



Potere Risolutivo

Ad esempio, con un telescopio da 1m ($\alpha = 0''.14$) per osservazioni nel visibile, dalla Terra potremmo distinguere oggetti con 260 m di diametro sulla superficie della Luna:

$$P_{\text{Teorico}} = 384.4 \cdot 10^3 \cdot \tan 0.000039 = \mathbf{0.26 \text{ km}}$$

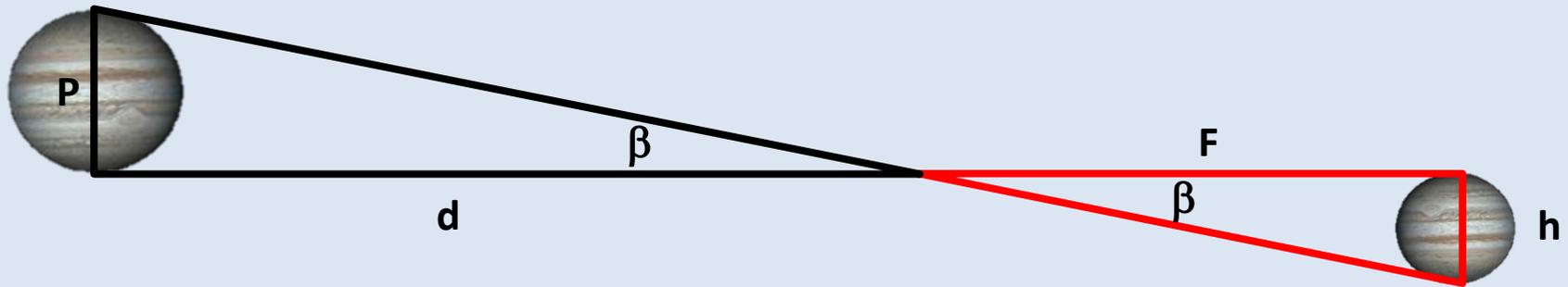
In realtà il “seeing” impedisce, di norma, di raggiungere il limite di diffrazione e “stabilisce” il potere risolutivo effettivo di un telescopio. Per gran parte dei siti osservativi il seeing vale $\sim 1''$ (pari al potere risolutivo di un obiettivo di 14 cm) e consente quindi di distinguere sulla superficie della Luna solo oggetti con diametro di almeno 1.88 km:

$$P_{s=1''} = 384.4 \cdot 10^3 \cdot \tan 0.00028 = \mathbf{1.88 \text{ km}}$$

La nostra atmosfera introduce quindi severe limitazioni al potere risolutivo dei telescopi di grandi dimensioni. Gli astronomi possono limitare gli effetti del seeing scegliendo opportunamente i luoghi di osservazione, facendo uso di ottiche “Adattive” o con osservazioni dallo spazio.

Dimensioni di un oggetto esteso sul piano focale

Consideriamo un oggetto esteso con dimensione lineare "P" e dimensione angolare " β ", osservato con un telescopio di focale "F"



La dimensione lineare "h" dell'oggetto sul piano focale del telescopio (che non è mostrato nella figura) vale:

$$h = F \cdot \tan \beta$$

Aberrazioni

Tutte le superfici delle lenti o degli specchi per uso astronomico devono essere lavorate con precisione (P) dell'ordine di $\lambda/8 \rightarrow$ se $\lambda = 5500 \text{ \AA}$ allora $P \sim 0.1 \text{ }\mu\text{m}$

Anche se le superfici sono perfettamente lavorate sono comunque presenti delle "aberrazioni" che degradano la qualità delle immagini ottenute da un telescopio:

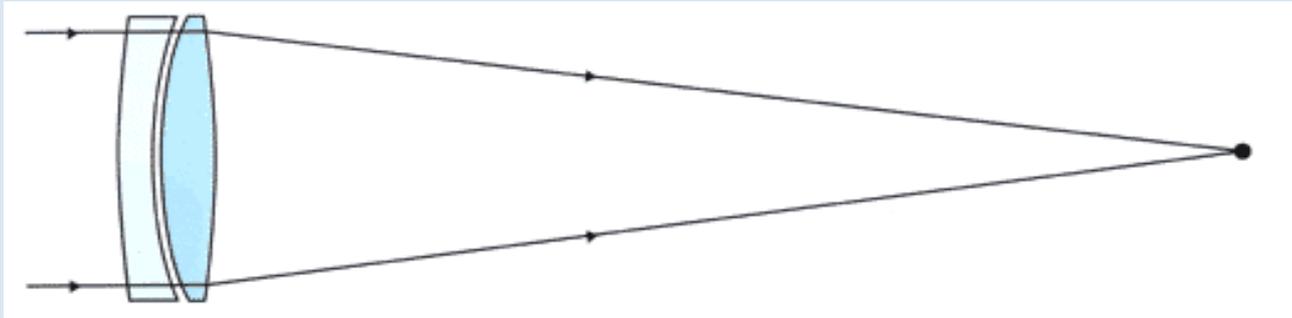
- **Aberrazione Cromatica** (principale aberrazione nei rifrattori)
- **Coma** (principale aberrazione nei riflettori)

L'aberrazione cromatica dei rifrattori viene in buona parte corretta costruendo i "doppietti astronomici", ovvero degli obiettivi costituiti da due lenti, realizzate con vetri con indice di rifrazione diverso, incollate tra loro.

Il Coma può essere in gran parte corretto con un accurato disegno degli specchi (configurazione Ritchey-Chrétien, specchi iperbolici).

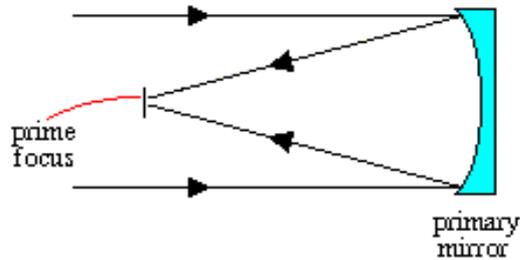
Il più grande rifrattore mai costruito (inaugurato nel 1897) è quello dello Yerkes Observatory, che ha una lente da 102 cm. I riflettori più grandi attualmente in funzione hanno specchi con diametro tra 8 e 10m; nei prossimi anni entreranno in funzione riflettori con specchi di quasi 40m di diametro.

Schemi ottici dei telescopi

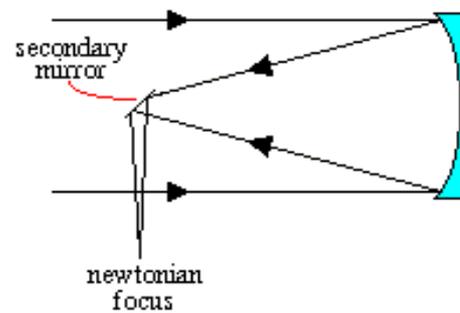


Rifrattore

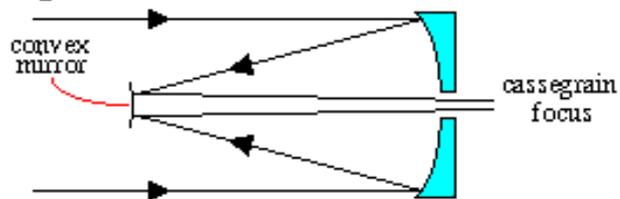
Prime



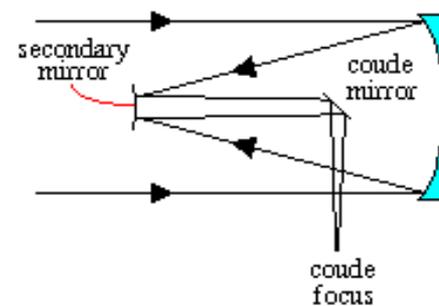
Newtonian



Cassegrain

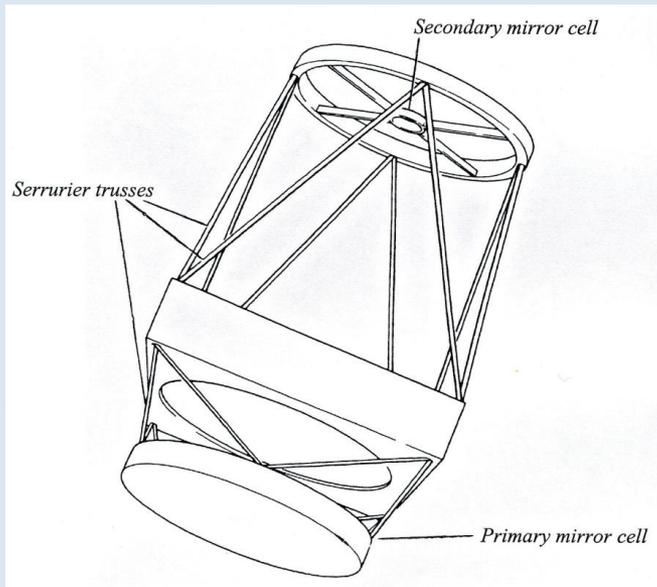


Coude



Diversi tipi di
configurazione di un

Riflettore



Le Montature

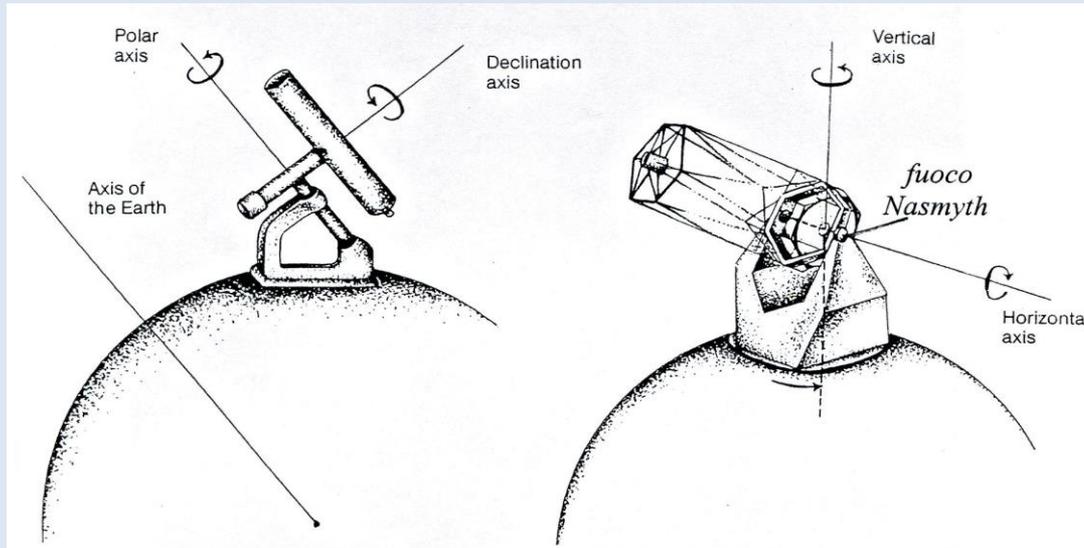
Mantengono le ottiche allineate

Dirigono il telescopio

Mantengono il puntamento (tracking)

Pro:
movimento
uniforme per il
tracking

Contro:
- maggior costo
- Flessioni
- bilanciamento



Montatura Equatoriale

Montatura Altazimutale

Pro:
- semplicità
- fuochi Nasmyth

Contro:
- rotazione del
campo visivo
- tracking con
velocità variabile