

Strumentazione Astronomica

La risoluzione di un telescopio è la capacità di separare due sorgenti distinte. Per un telescopio ideale (privo di aberrazioni) il limite teorico alla risoluzione è dato dalla **DIFFRAZIONE** (vale sia per lenti che per specchi)

La luce contenuta nel **massimo centrale** prende il nome di **Disco di Airy** e contiene l' 84% della luce

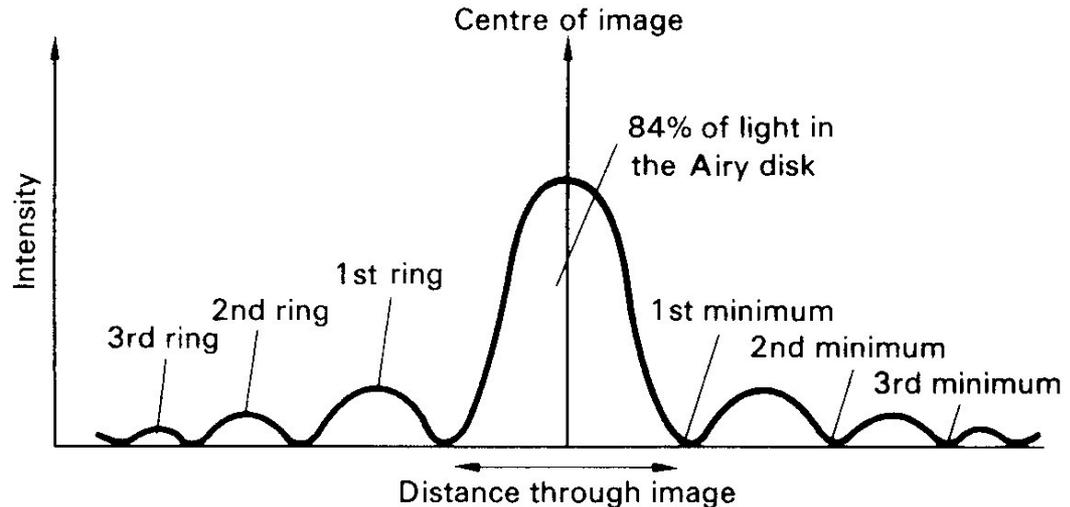


Figure 16.7. Intensity scan through a diffraction pattern.

Strumentazione Astronomica

$$\sin \alpha_n = \frac{m_n \lambda}{D}$$

$$\sin \alpha_n \approx \alpha_n$$

$$\alpha_n = \frac{m_n \lambda}{D}$$

n è l'ordine di minimo.
 m_n coefficiente

$m_1=1.22$	$n=1$
$m_2=2.23$	$n=2$
$m_3=3.24$	$n=3$

D diametro
dell'obiettivo

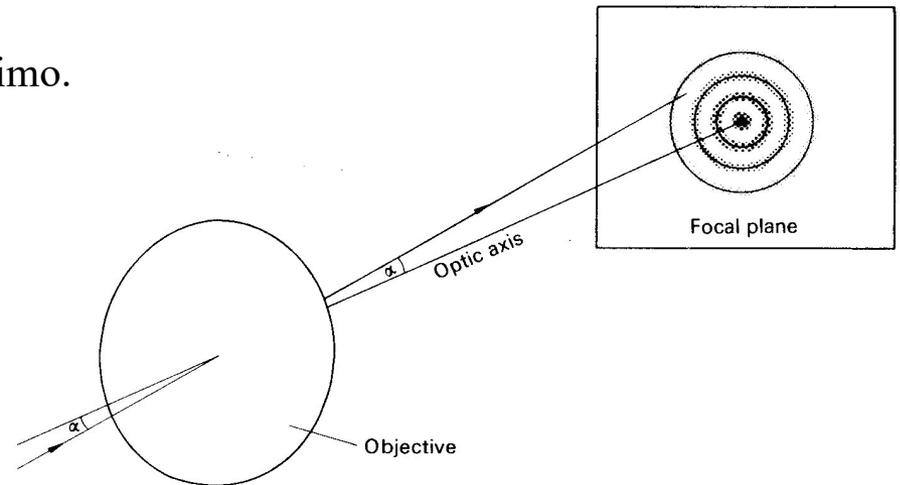


Figure 16.8. The diffraction pattern in the focal plane of the objective.

Una sorgente puntiforme (come di fatto sono le stelle) produce quindi una figura di diffrazione (anelli) che maschera la presenza delle stelle vicine compromettendo la capacità di risolvere due sorgenti vicine.

Strumentazione Astronomica

Criterio di Rayleigh di separazione di due sorgenti puntiformi:
quando il centro del disco di Airy di una cade nel primo minimo di diffrazione dell'altra

$$\alpha = \frac{1.22\lambda}{D}$$

Valore teorico del potere risolutivo

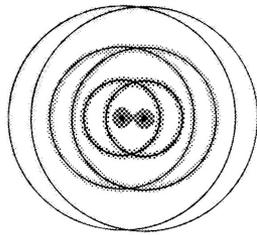


Figure 16.9. The combined diffraction pattern obtained from two point sources which are separated by an angle given by Rayleigh's criterion.

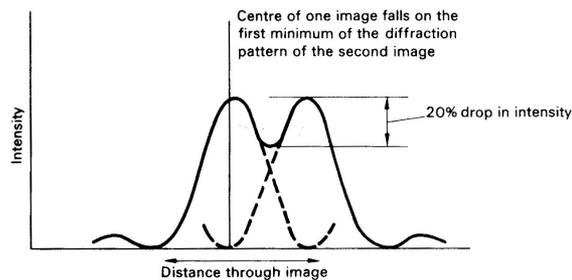
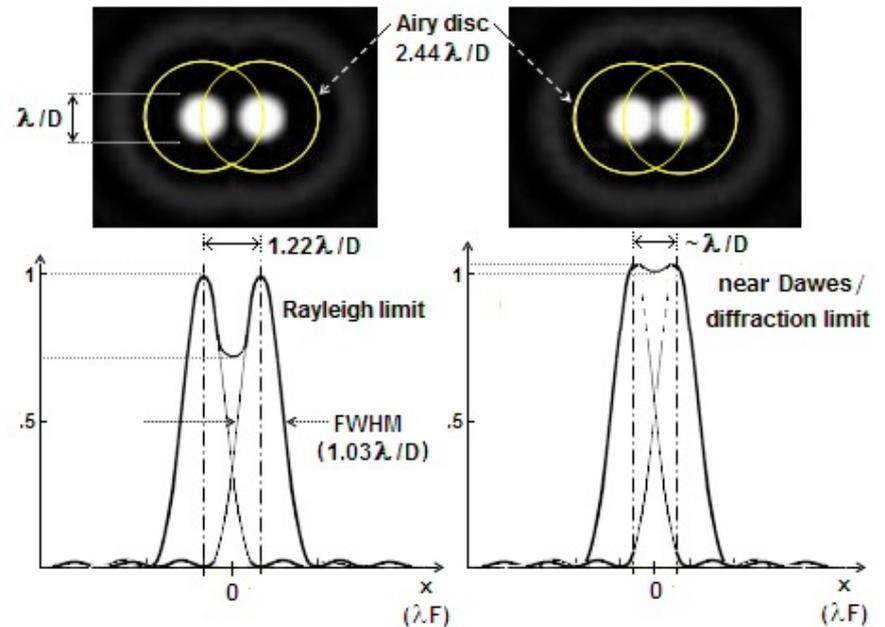


Figure 16.10. Intensity scan through a diffraction pattern obtained from two point sources which are separated by an angle given by Rayleigh's criterion.

Il criterio di Rayleigh non è l'unico.



Strumentazione Astronomica

Bande fotometriche	λ (nm)	α/D (mm)	D=2.5 m (HST)	D=3.5 m (TNG)	D=8.2 m (VLT)	D=10.0 m (KECK)
U	365	91.8	0.037"	0.026"	0.011"	0.009"
B	440	110.7	0.044"	0.032"	0.013"	0.011"
V	550	138.4	0.055"	0.039"	0.017"	0.014"
R	700	176.2	0.070"	0.050"	0.021"	0.018"
I	900	226.5	0.090"	0.065"	0.028"	0.023"
J	1250	314.5	0.126"	0.090"	0.038"	0.031"
H	1650	415.2	0.166"	0.119"	0.051"	0.041"
K	2200	553.6	0.221"	0.158"	0.067"	0.055"
L	3600	905.9	0.362"	0.259"	0.110"	0.091"
M	4800	1207.9	0.483"	0.345"	0.147"	0.121"

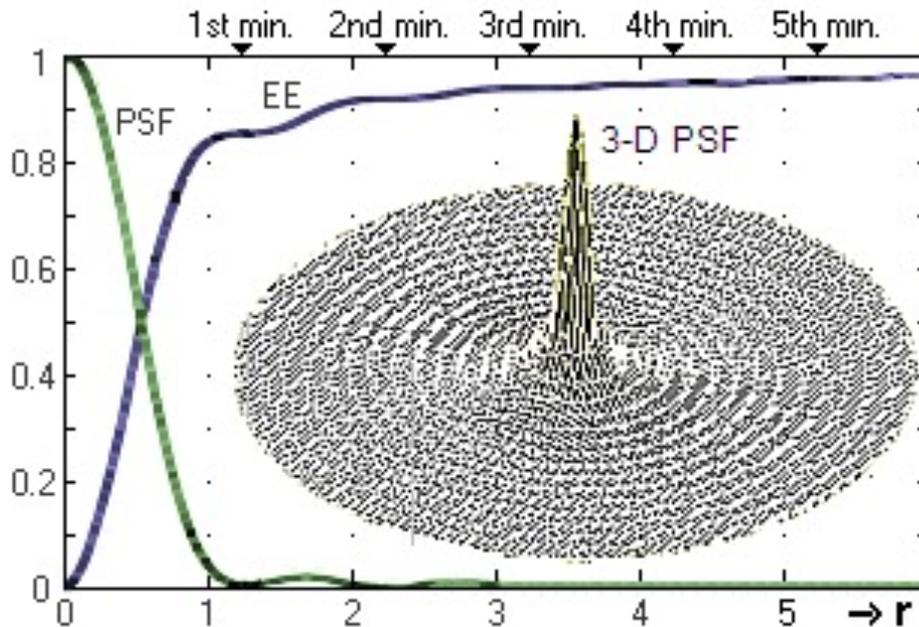
Limite di diffrazione per alcuni diametri notevoli di specchi primari di telescopi esistenti.

Strumentazione Astronomica

La figura di diffrazione di una sorgente puntiforme generata dal sistema ottico del telescopio è detta anche **Point Spread Function (PSF)**.

Si deriva dalla **Modulation Transfer Function** (la PSF è l'anti-trasformata di Fourier della MTF)

Come vedremo la conoscenza della PSF servirà a dimensionare la scala (risoluzione) dei rivelatori di piano focale (o il beam pattern delle antenne che illuminano i radiotelescopi)

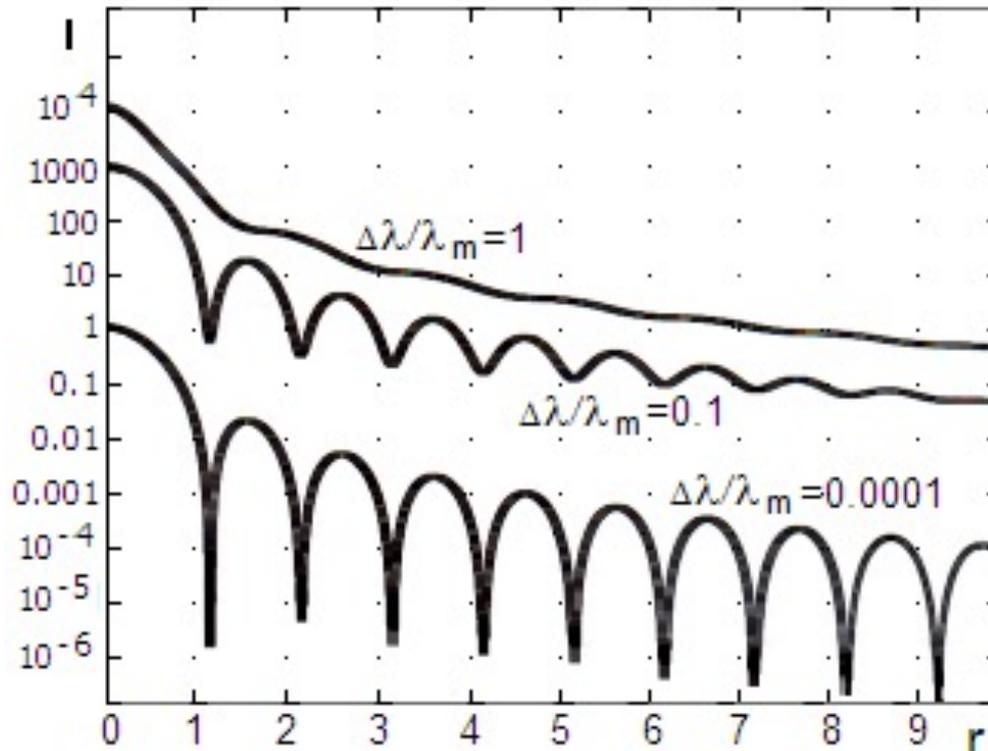


EE Encircled Energy

Il concetto di PSF è usato comunemente nell'ambito della strumentazione per le alte energie (raggi X)

Strumentazione Astronomica

Derivando dalla diffrazione (differenza di cammino ottico o Optical Path Difference come viene indicato in inglese) la sua figura è **più o meno pronunciata** a seconda della larghezza di banda della luce raccolta Telescopio.



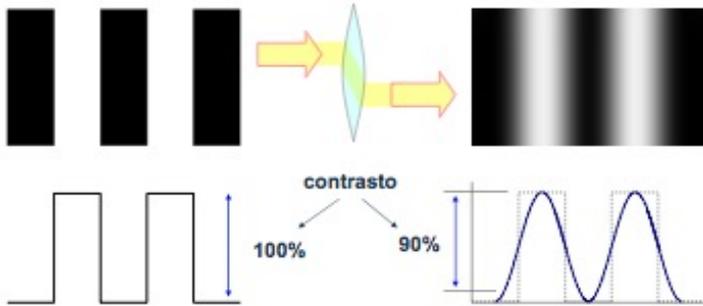
Al crescere della larghezza di banda (dallo 0.01%) al 100% il contrasto con cui vediamo la figura di diffrazione diminuisce sensibilmente sino quasi a perdersi.

Le curve sono normalizzate a quella quasi monocromatica (0.01%)

Strumentazione Astronomica

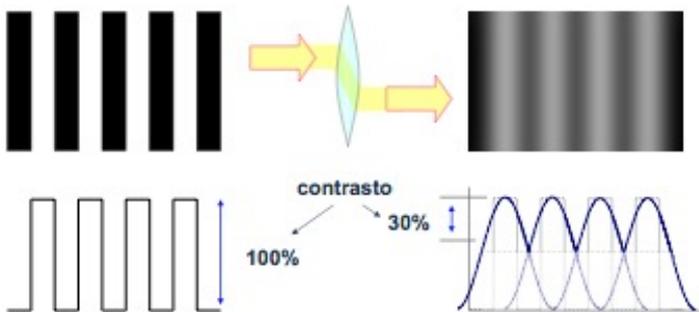
Modulation Transfer Function MTF

▪ Modulazione del contrasto di un segnale periodico



A causa del limite di diffrazione del sistema ottico utilizzato per generare l'immagine di una sorgente (immagine) periodica nello spazio che ha una modulazione in intensità (contrasto) del 100%, il contrasto dell'immagine diminuisce.

▪ Aumentando la frequenza diminuisce il contrasto



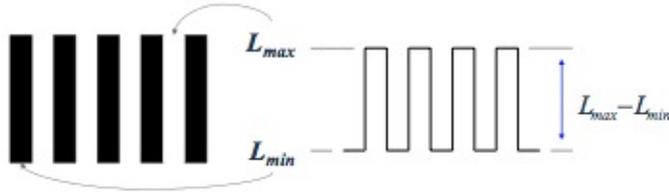
La perdita di contrasto dipende dalla frequenza spaziale delle periodicità coinvolte (*vedi separazione angolare delle stelle*) e questa perdita aumenta al crescere della frequenza spaziale (cioè al diminuire della separazione angolare).

Strumentazione Astronomica

- Modulazione

$$M \equiv \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$$

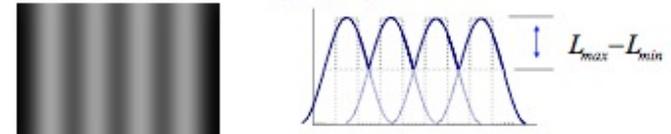
Dove L_{min} e L_{max} sono minima e massima luminanza



- Modulazione del segnale, M_S



- Modulazione dell'immagine, M_I



- Definiamo

$$MTF(\nu) \equiv \frac{M_I}{M_S}$$

dove ν è la frequenza del reticolo (*pattern*)

La Modulation Transfer Function è definita come

il **rapporto tra la modulazione dell'immagine e la modulazione della sorgente**

ed è funzione della **frequenza spaziale**.

Si può dimostrare (non lo facciamo) che

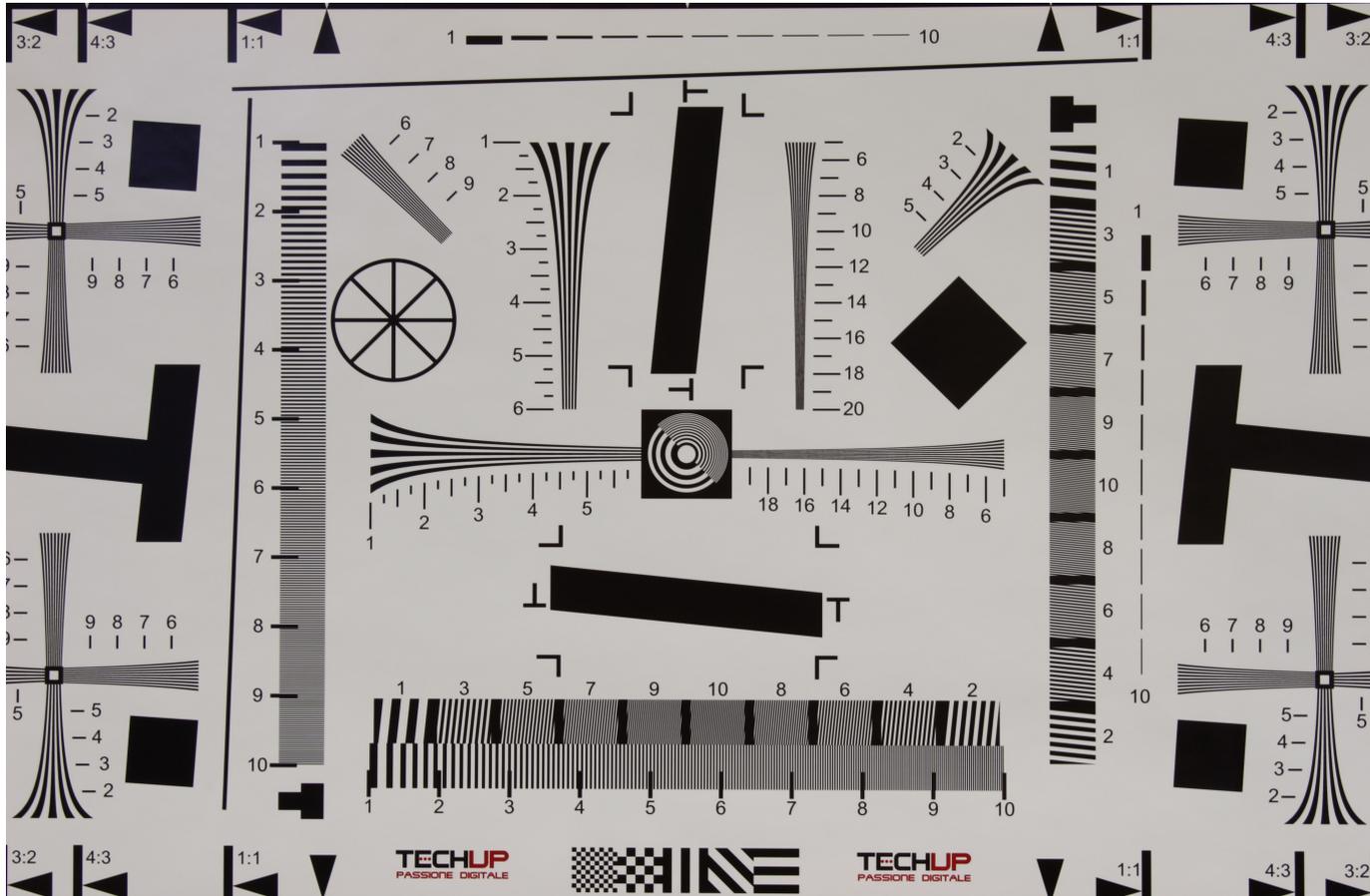
$$MTF = FFT(PSF)$$

con *FFT Fast Fourier Transform* perché in genere si applicano metodi numerici per calcolarla

La cosa interessante è che avendo l'*MTF* si può calcolare la *PSF* (via FFT^{-1})

Strumentazione Astronomica

Per ricavare il potere risolutivo di un sistema ottico si può usare un **Test Target** come questo per acquisire l'MTF e calcolare la PSF.



Strumentazione Astronomica

Il Plate Scale

Rapporto Focale $f=F/D$
(Luminosità, velocità)

$$S = F \cdot \text{tg } \vartheta \cong F \cdot \vartheta$$

$$\frac{d\vartheta}{dS} = \frac{1}{F}$$

PLATE SCALE

↙ Arcsec/radiante

$$\frac{d\vartheta}{dS} = \frac{206265}{F(\text{mm})} = \frac{206265}{f \cdot D(\text{mm})}$$

Attenzione al matching tra PSF e PS

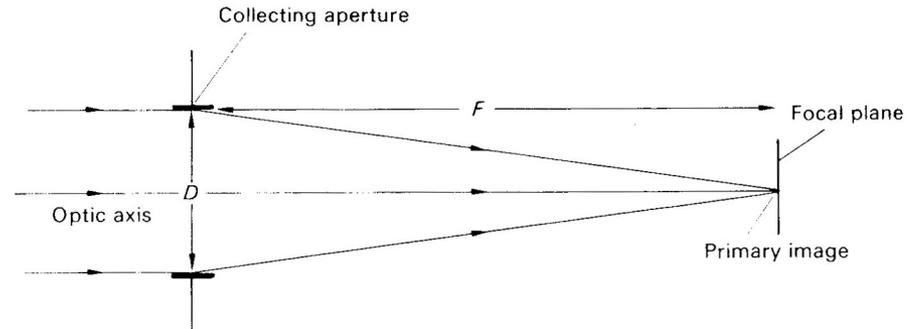


Figure 16.1. A schematic representations of the function of a telescope.

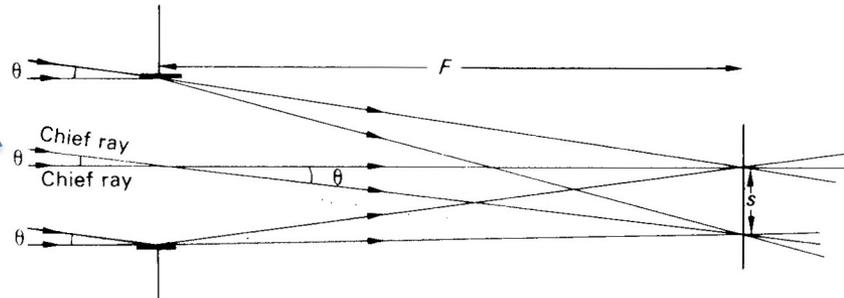
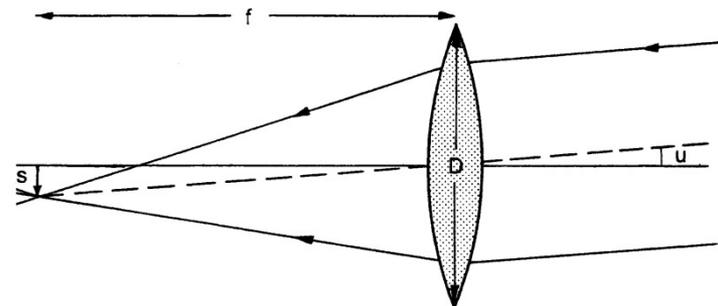


Figure 16.2. A simplified ray diagram illustrating the separation of images in the focal plane according to the angular separation of the point objects.



Strumentazione Astronomica

Principali Schemi Ottici

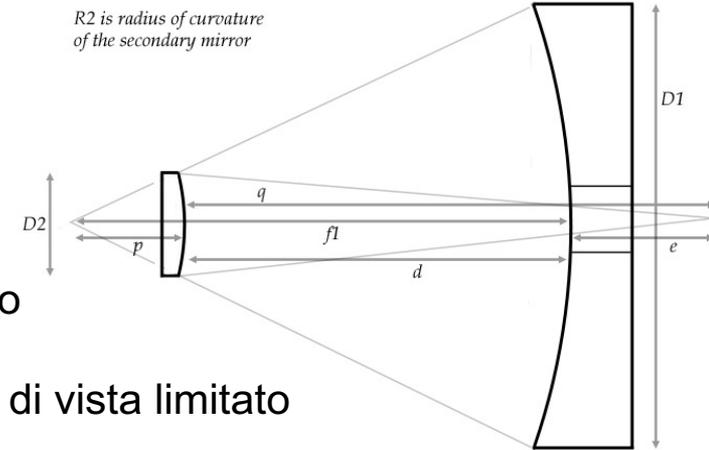
Cassegrain: primario parabolico
 secondario iperbolico

Primario forato per permettere l'uscita del fuoco secondario
detto anche fuoco Cassegrain

Caratteristiche: dimensioni compatte, focale lunga, campo di vista limitato

Si usa principalmente in telescopi dove la complessità ottica è minima come i radiotelescopi che usati a frequenze fino a qualche GHz non presentano grosse difficoltà di allineamento e fuoco

F# elevati



200" Monte Palomar California



32m Medicina (Bo Italia)

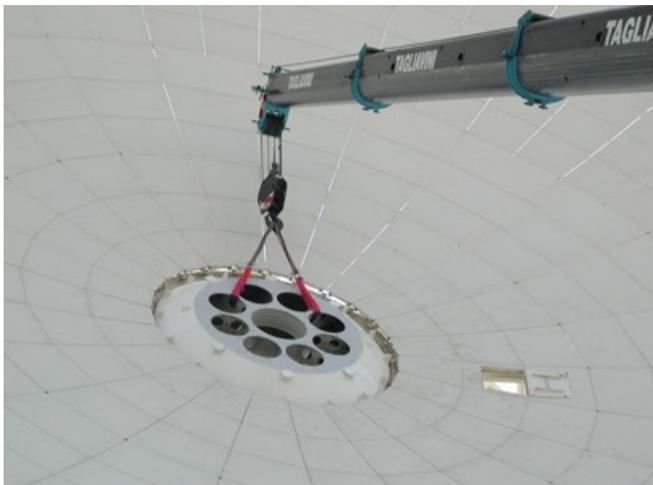
Strumentazione Astronomica



Medicina 32m



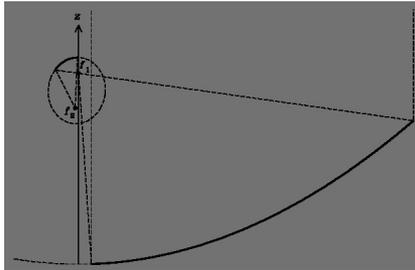
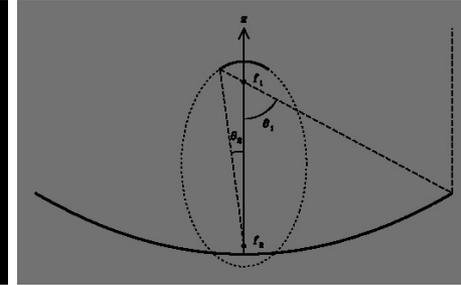
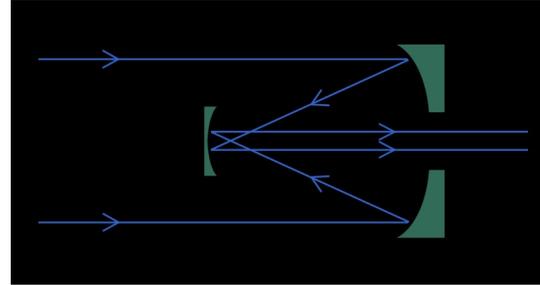
Strumento al fuoco primario



Strumentazione Astronomica

Gregoriano: primario parabolico
 secondario ellissoidale

Immagini non rovesciate.
Schema compatto. Tra i più usati in
Radio per schemi in asse e fuori asse.

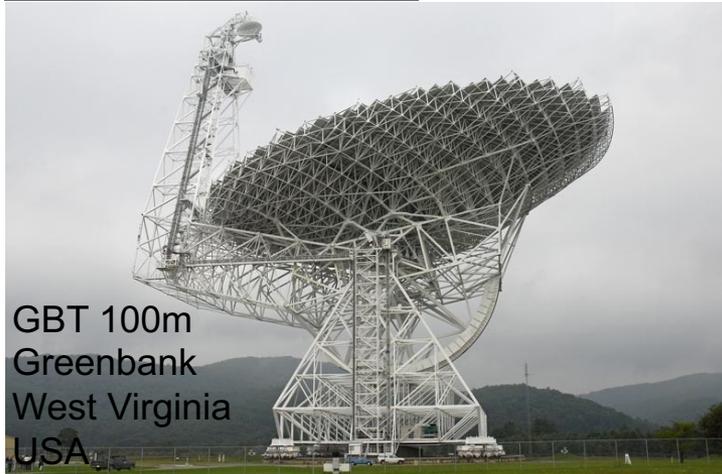


Schema
fuori asse

Schema
in asse



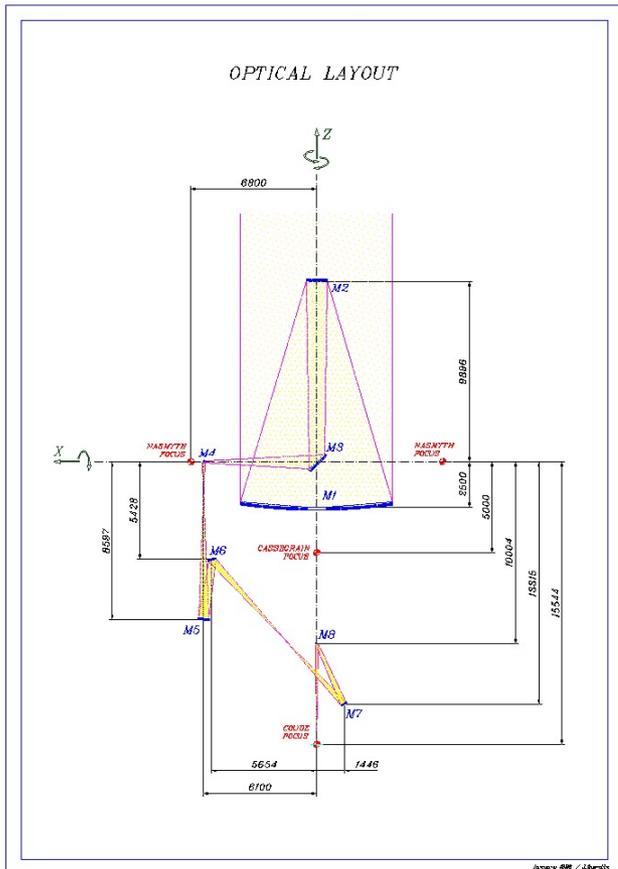
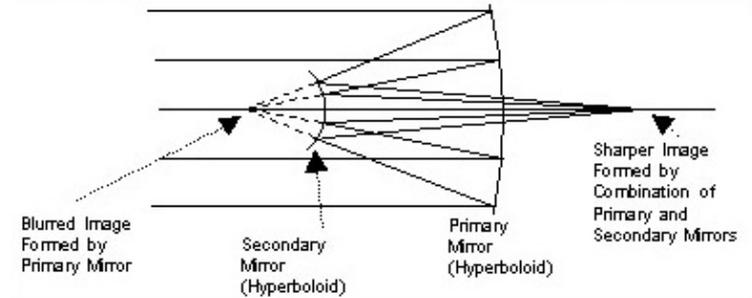
100m Effelsberg (Gmbh)



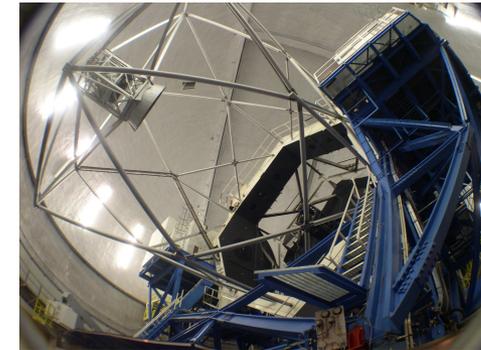
GBT 100m
Greenbank
West Virginia
USA

Strumentazione Astronomica

Ritchey-Chretien: iperbolico-iperbolico
 Produce il campo corretto più ampio.
 Schema più impiegato in ottico
 F# attorno a 5-6



VLT 8.2m



KECK
10m



TNG
3.5m

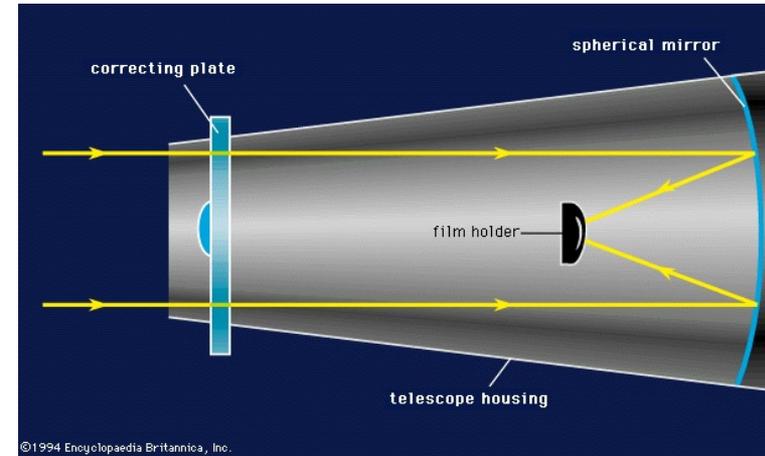
Strumentazione Astronomica

Camera di Schmidt: primario sferico
più lastra correttrice

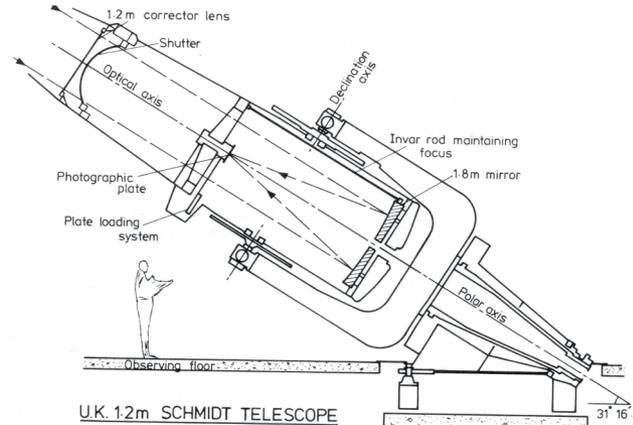
E' la camera delle surveys a grande campo
FoV di diverse decine di gradi quadrati

F# bassissimi

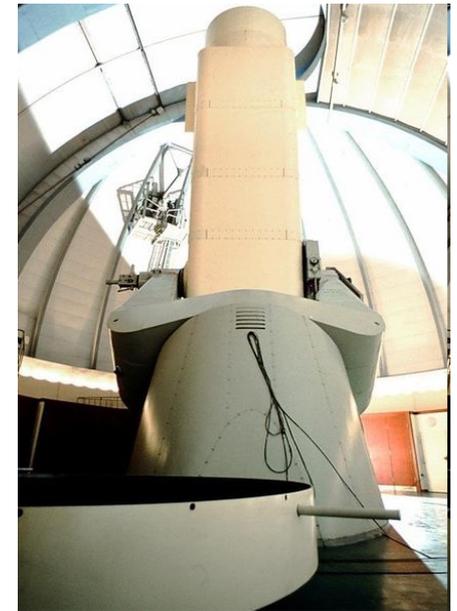
Si usa per ricercare asteroidi e comete



Anglo Australian 48"



Strumentazione Astronomica MZ Lezione 2



2m Alfred-Jensch-Teleskop GMBH

Strumentazione Astronomica

Montature:

Equatoriali (antiche e semi-moderne)

Alto-azimutali (moderne)

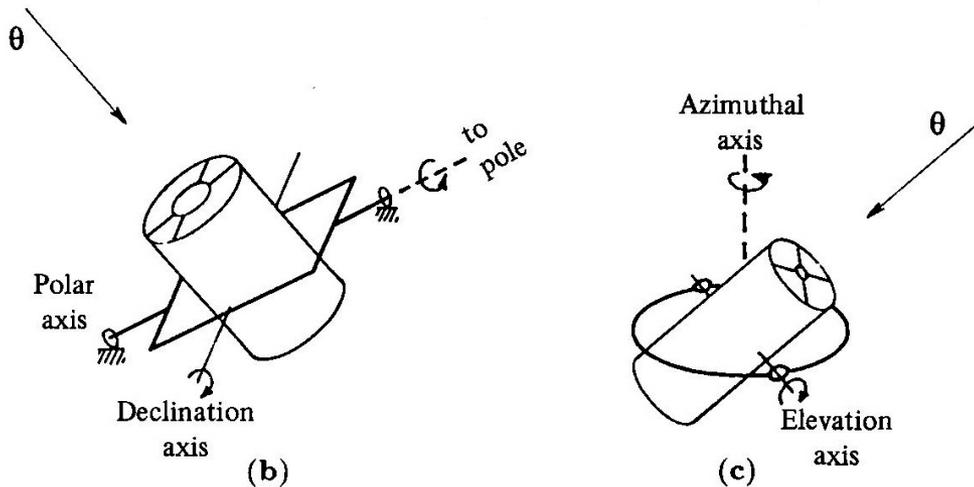


Fig. 4.1. (a) Different focal configurations. Pointing of (b) equatorial and (c) altazimuth ground-based telescopes

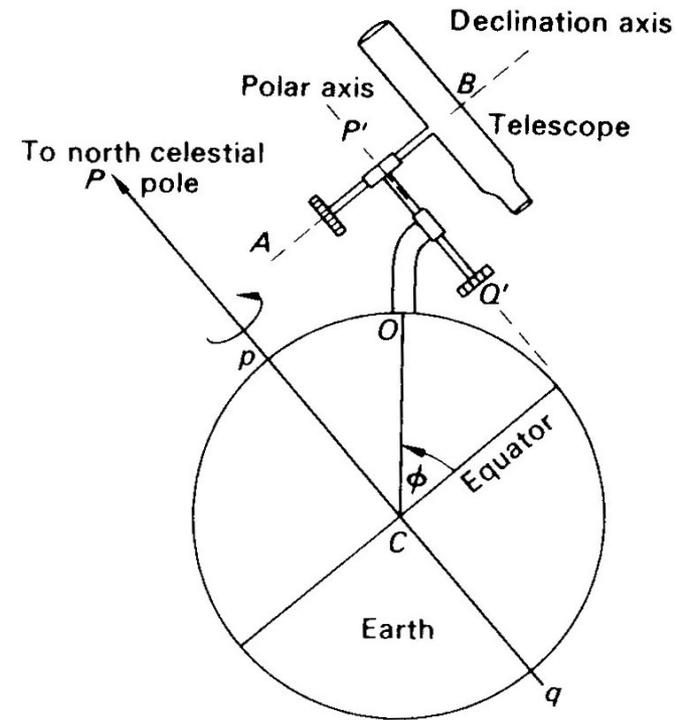


Figure 9.3. An equatorial telescope mounting.

Strumentazione Astronomica

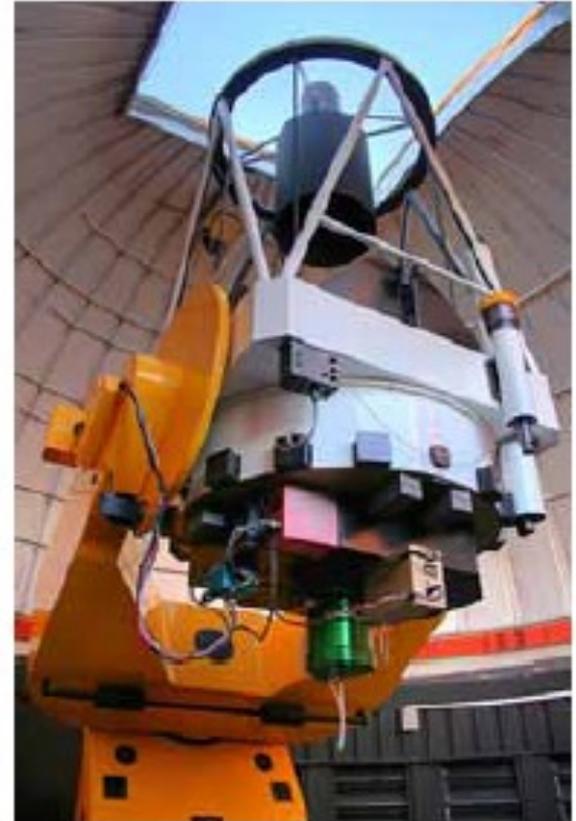
Montature Equatoriali



"Alla tedesca"



"Alla inglese"

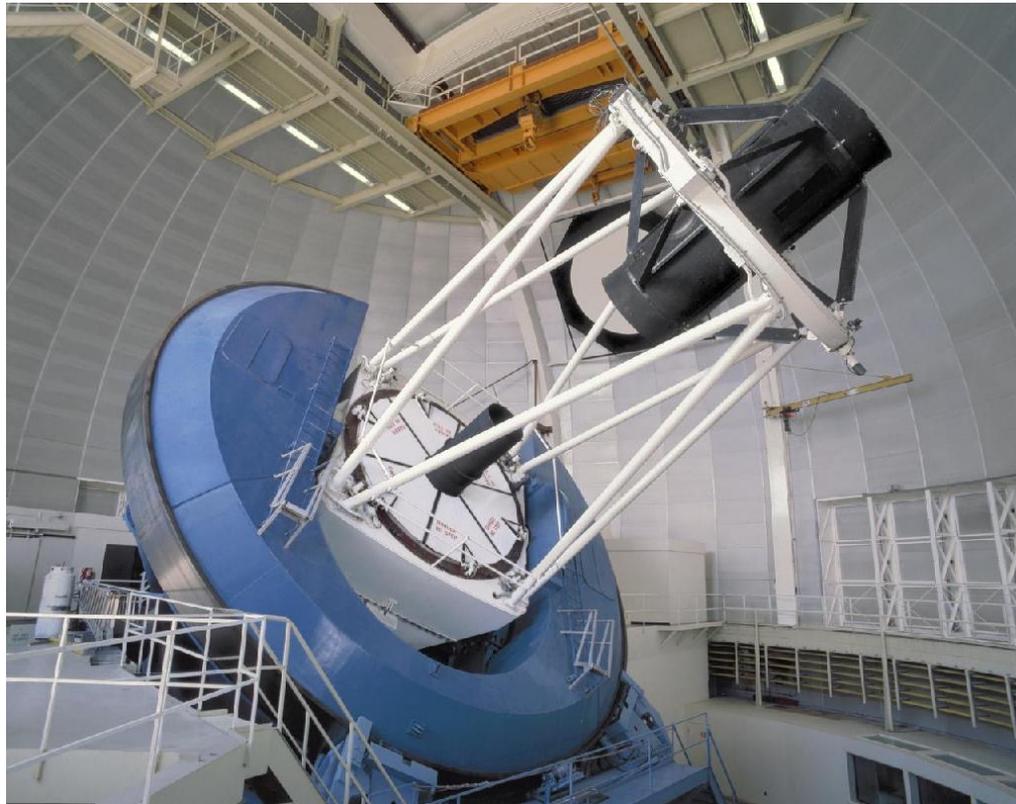


"A forcella"

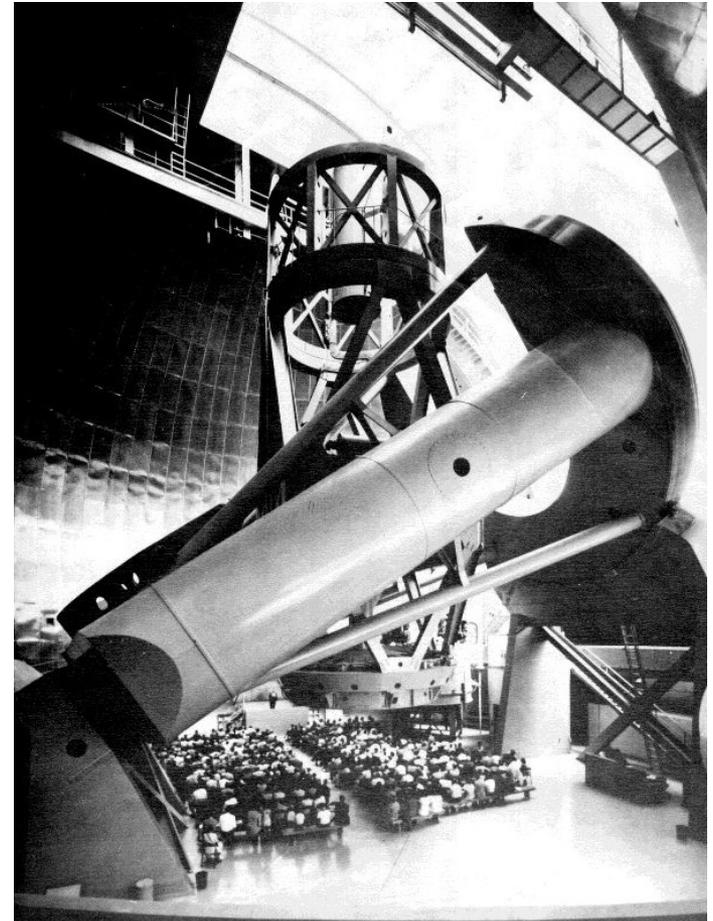
Strumentazione Astronomica

Montature Equatoriali

The 4-meter Nicholas U. Mayall Telescope at Kitt Peak USA

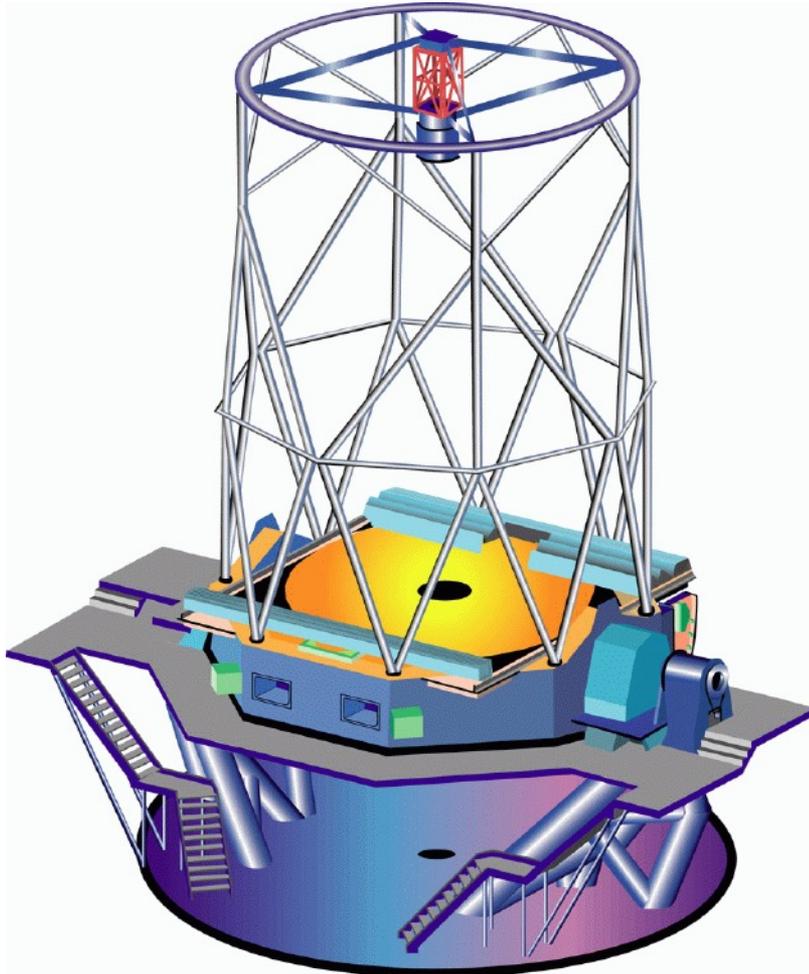


200" Mount Palomar

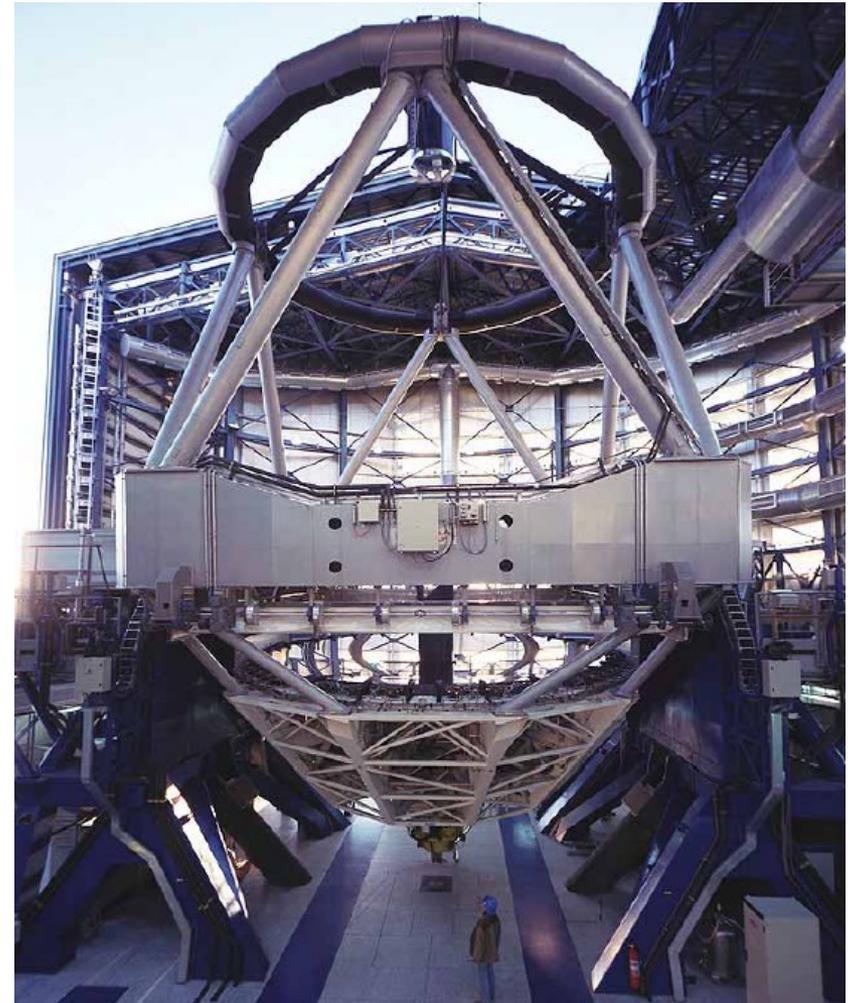


Strumentazione Astronomica

Montature Alto-Azimutali

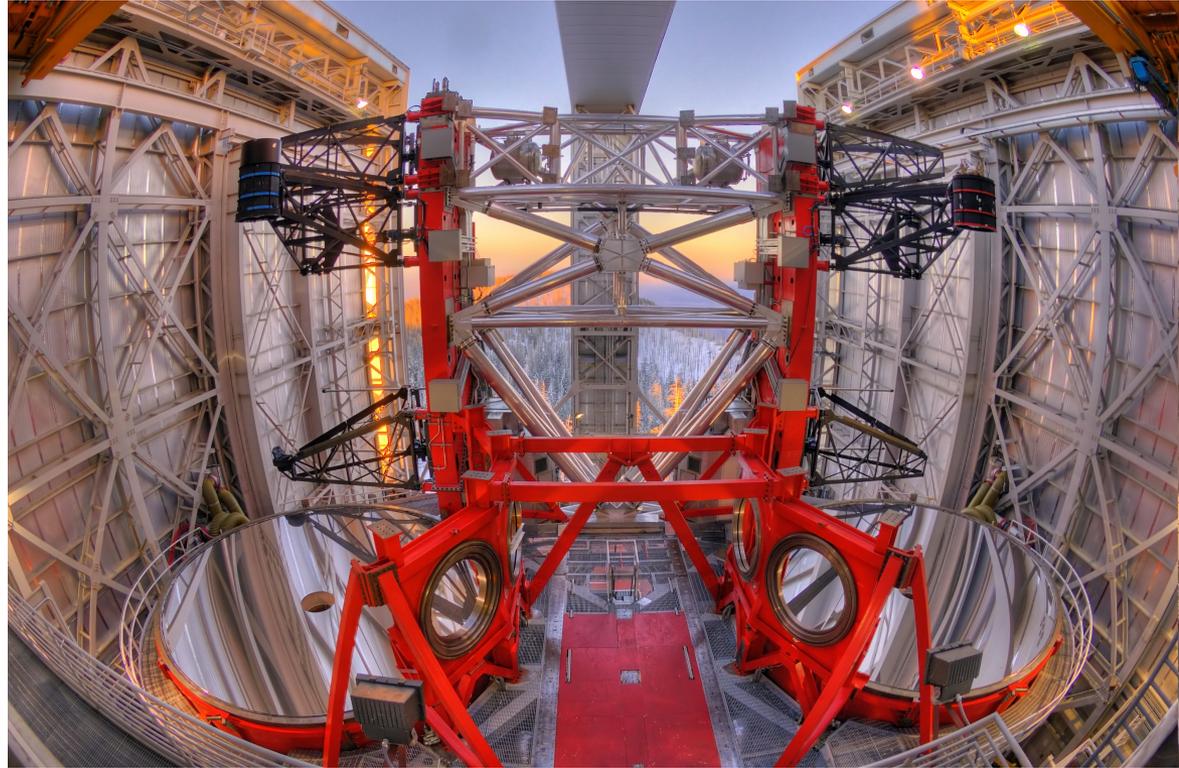
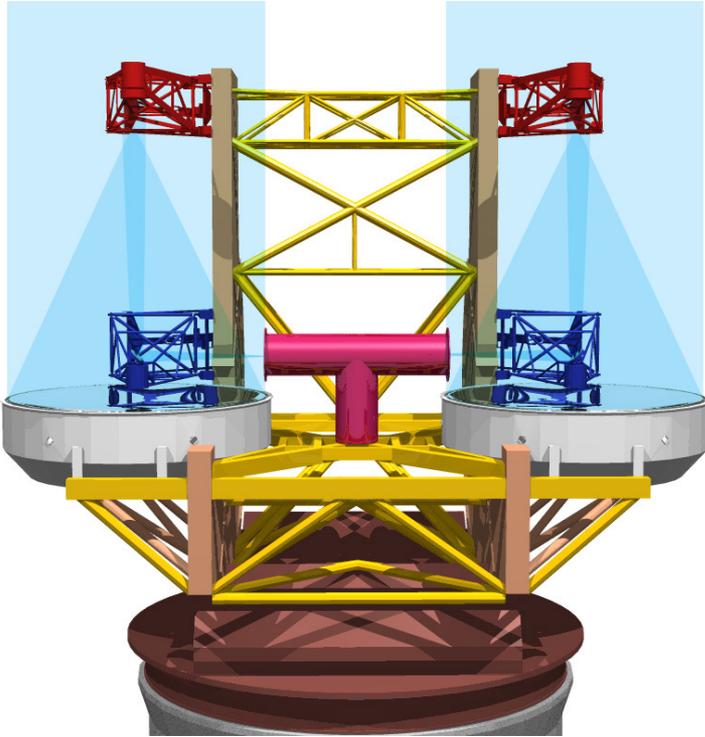


Very Large Telescope



Strumentazione Astronomica

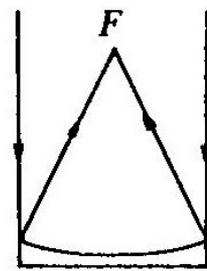
Montature Alto-Azimutali



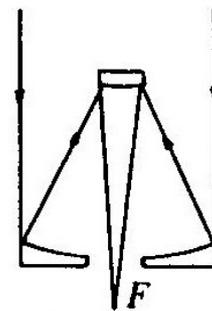
Large Binocular Telescope

Strumentazione Astronomica

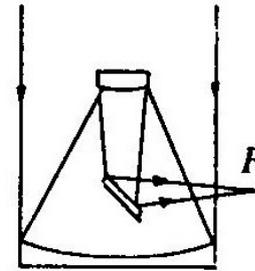
Stazioni Focali



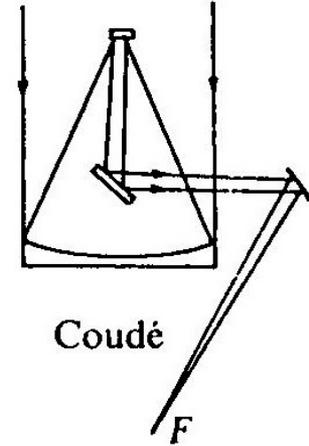
Primary



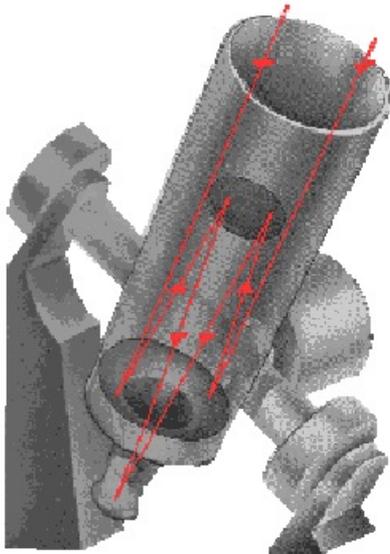
Cassegrain



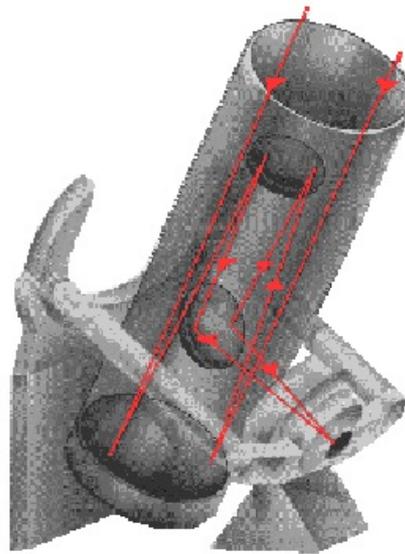
Nasmyth



Coudé



Cassegrain



Coudé