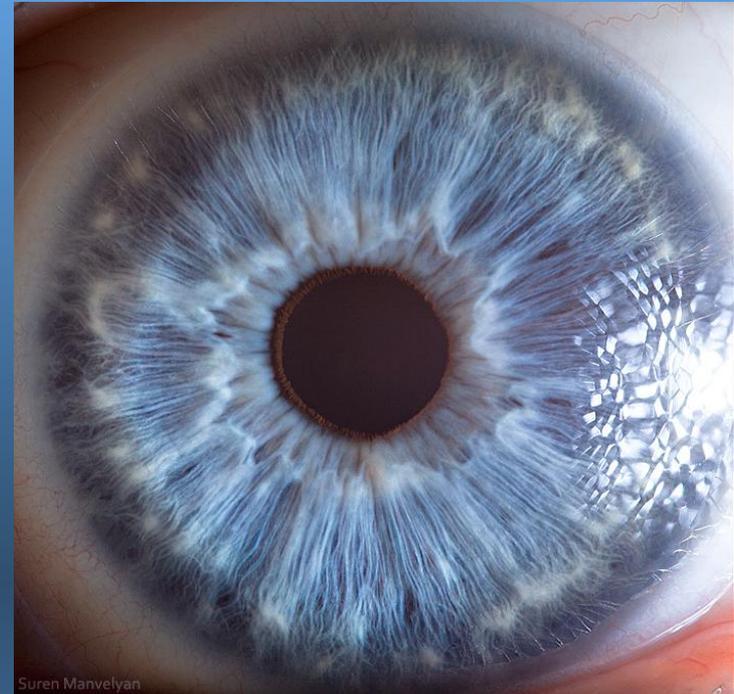
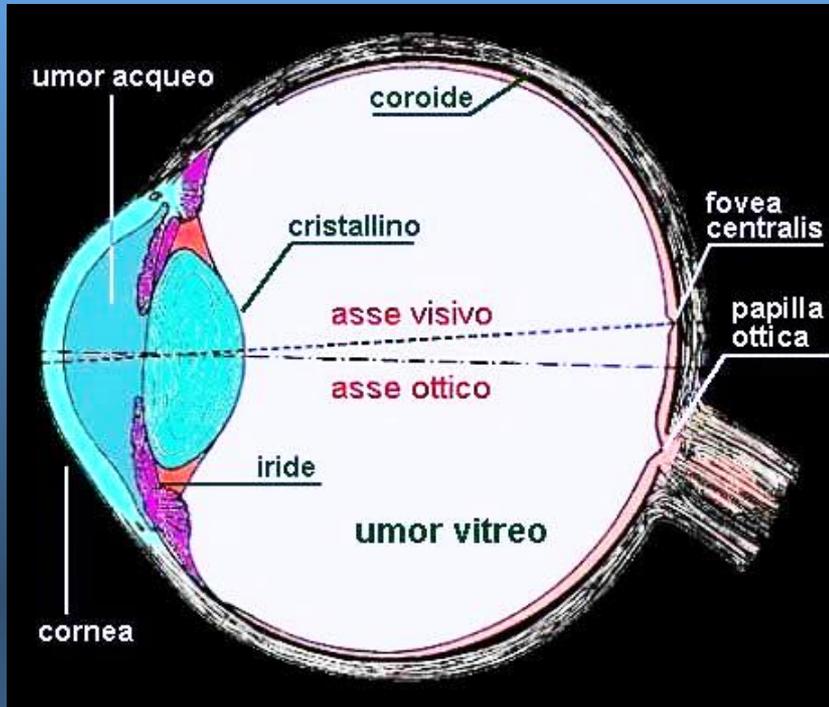


Cittadella di Scienze della Natura “SALVATORE FURIA” «GLI STRUMENTI ASTRONOMICI»

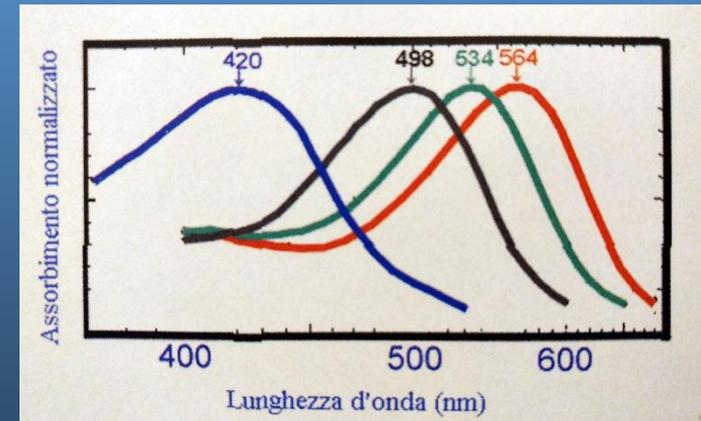
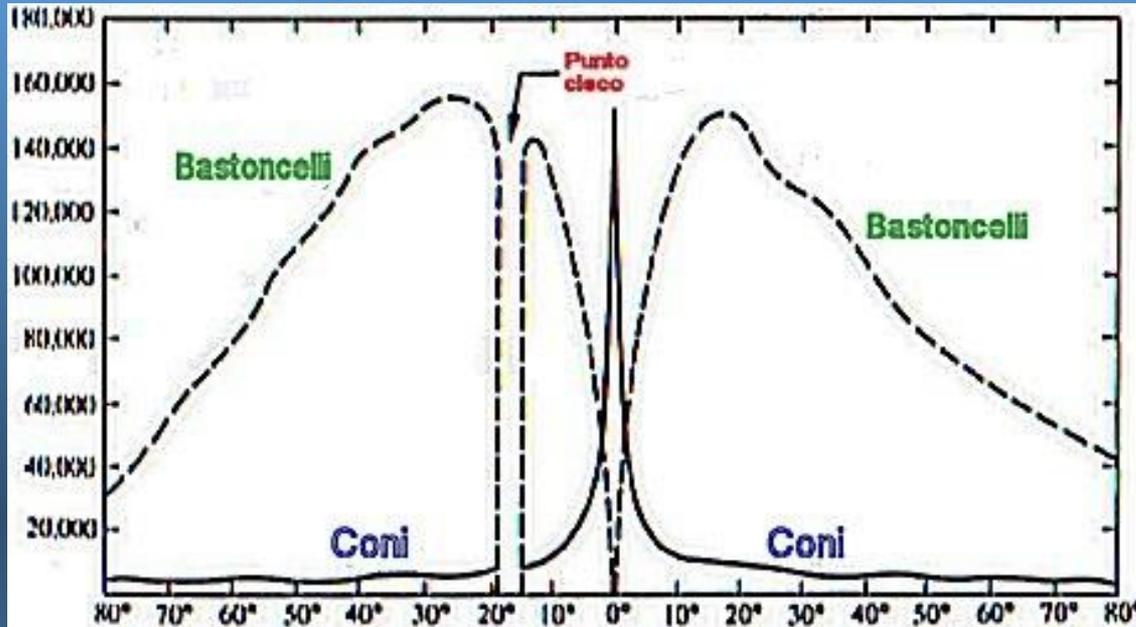


L'OCCHIO UMANO



Il fascio luminoso attraversa la cornea e l'iride, focalizzandosi sul cristallino il quale permette di mettere a fuoco l'immagine sulla retina, dove vi sono due tipi di fotorecettori sensibili alla luce: i coni (visione diurna) e i bastoncelli (visione notturna) le quali producono determinate sostanze pigmentose come la rodopsina una proteina e la sua molecola il retinale un derivato della vitamina A, la cui formazione consente la visione di luci e colori originando la formazione dell'immagine posteriormente, eccitando la sensibilità delle cellule presenti che, attraverso il nervo ottico, raggiungono i centri gnostici e mnemonici (i centri della conoscenza e della memoria nel cervello) a livello corticale: mediante associazione diretta si giunge a dare un nome a quanto si vede. L'umore acqueo e l'umore vitreo, sono zone gelatinose e trasparenti che sostengono rispettivamente la cornea ed il bulbo; l'iride, la parte colorata dell'occhio, che diaframma la pupilla grazie ai muscoli ciliari; la fovea centralis (o macula), il punto più sensibile dell'occhio; il punto cieco, nei pressi del nervo ottico, zona completamente priva di fotorecettori; ed il nervo ottico stesso, che trasporta al cervello i segnali chimici...

L'OCCHIO UMANO



I fotorecettori, ossia i **CONI**, attivati in visione diurna, e i **BASTONCELLI**, più grandi, e maggiormente sensibili alla luce grazie a un pigmento particolare che li ricopre chiamato rodopsina o porpora retinica che si forma a bassissimi livelli d'illuminazione, sono quindi impiegati nella visione notturna, ma, a differenza dei coni, non sono sensibili ai colori. La rodopsina viene distrutta velocemente dalla luce intensa, ma si riforma non appena questa cessa. Questo fatto, che non è altro che l'adattamento all'oscurità, è molto importante anche quando ci si trova ad ammirare il cielo; evitiamo, cioè, non solo le fastidiose luci bianche/azzurre di torce poco schermate, ma anche di osservare il crescente lunare (che pure è molto meno intenso della luna piena) e pretendere di vedere subito dopo una debole galassia. L'adattamento all'oscurità dipende, ovviamente, dall'intensità luminosa cui siamo stati sottoposti: è già buona dopo un quarto d'ora, ma per raggiungere il massimo adattamento al buio conviene aspettare almeno 15 – 30 minuti e anche oltre....

L'OCCHIO UMANO

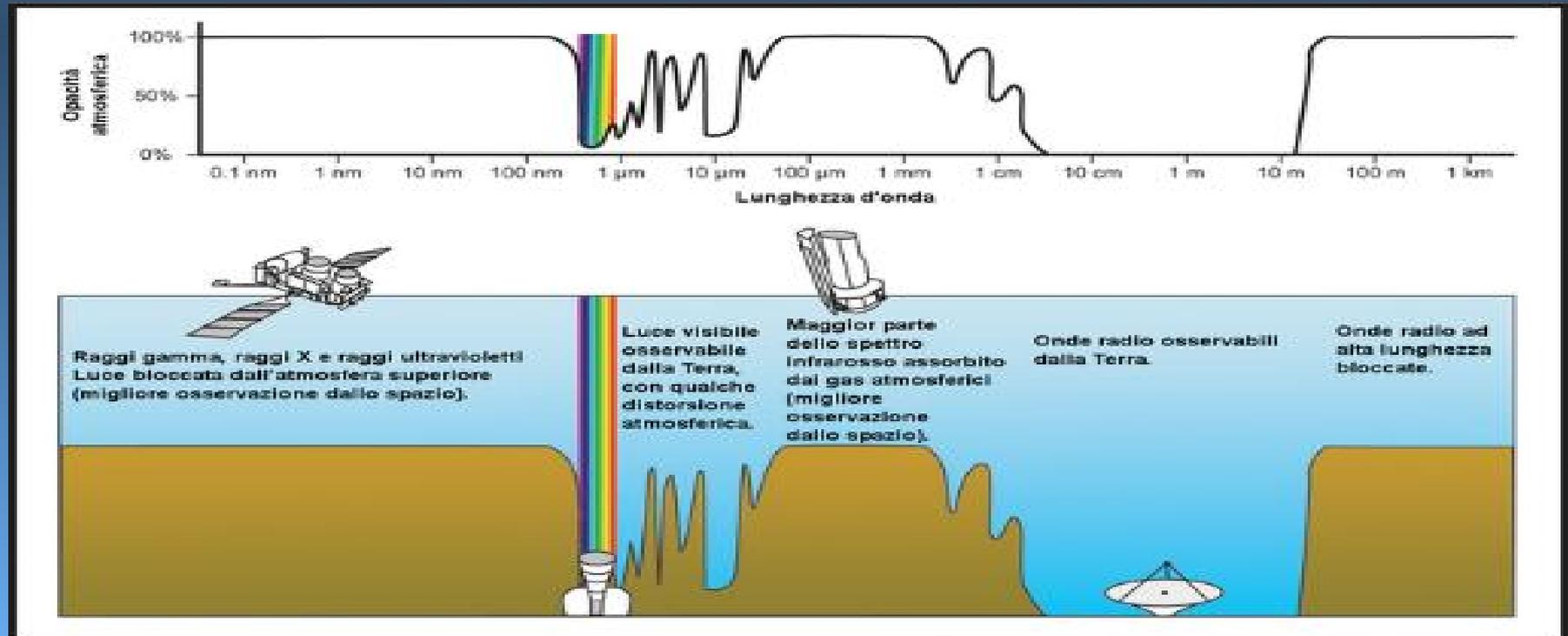


L'occhio umano è sensibile nel piccolo intervallo di radiazione elettromagnetica*, chiamata comunemente luce, che si estende da 380 a 780 nanometri (un nanometro è un milionesimo di millimetro), cioè dal violetto al rosso profondo.

Le proteine di cui è anche formato il cristallino, infatti, ci proteggono sia dai raggi infrarossi che da quelli ultravioletti, che potrebbero danneggiare l'occhio.

Per i telescopi il discorso è un po' diverso, visto che gli specchi riflettono tutta la luce infrarossa, ultravioletta, onde radio, ecc, ma è la sensibilità del sensore digitale usato che permette la visione di certe lunghezze d'onda.

Alcune di esse invece (raggi gamma, X, UV profondo, IR lontano) vengono schermate dall'atmosfera terrestre. * La radiazione elettromagnetica è un'oscillazione del campo elettrico e magnetico, generata dalle transizioni atomiche, che si propaga alla velocità della luce.



L'OCCHIO UMANO



L'occhio umano dunque, semplificando al massimo, può per certi versi essere paragonato ad una macchina fotografica professionale, perché dispone di un obiettivo (il cristallino), con regolazione dell'apertura (iride e pupilla) e di una superficie sensibile alla luce su cui viene messa a fuoco l'immagine (la retina). L'occhio, inoltre, è una vera e propria Camera Oscura formata da un bulbo annerito all'interno in modo che tutti i raggi parassiti vengano assorbiti e non influenzino negativamente la ricezione della retina. La superficie sensibile dell'occhio è, abbiamo detto, la retina, costituita da milioni di ricettori sensibili (i bastoncelli ed i coni), il cui compito è quello di analizzare quantitativamente e qualitativamente la luce da cui sono colpiti e di inviare al cervello, tramite il nervo ottico, i dati ottenuti...

L'OCCHIO UMANO



La regolazione dell'apertura di un nostro occhio (iride e pupilla) è simile a un obiettivo fotografico da f 2,0 a f 8,0 e una macchina fotografica con una risoluzione del sensore (retina) di 6 Megapixel nella visione diurna o fotopica e di 120 Megapixel nella visione notturna o scotopica per ogni occhio. L'ampiezza dell'angolo visivo in senso verticale è di circa 130 gradi, mentre in orizzontale si arriva a circa 180 gradi, limitati a 60 di immagini perfettamente a fuoco e il rimanente di visione periferica.

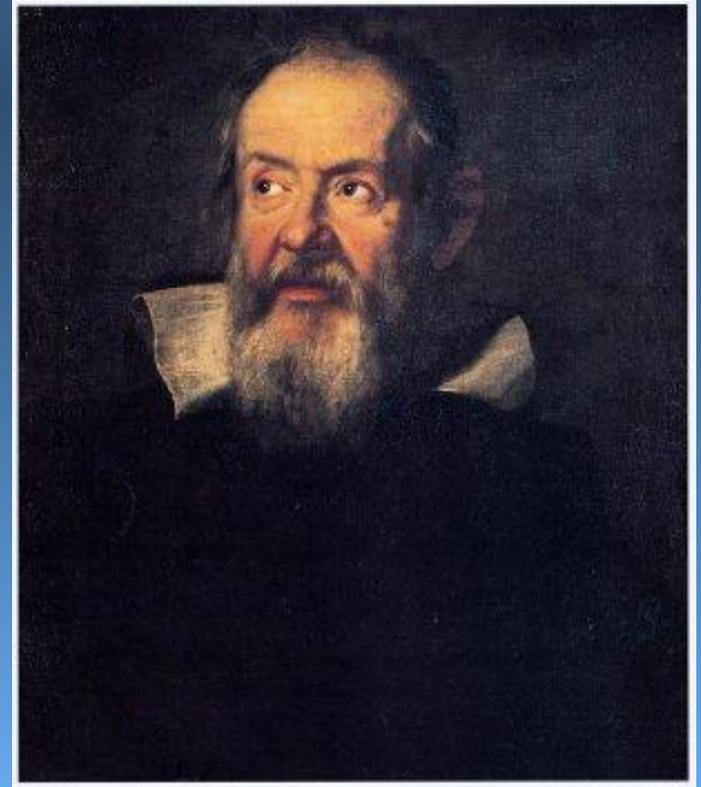
I TELESCOPI - LA STORIA



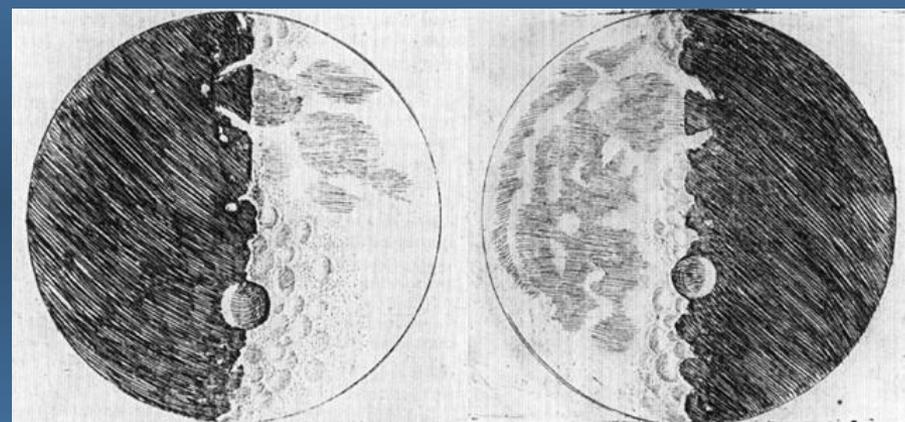
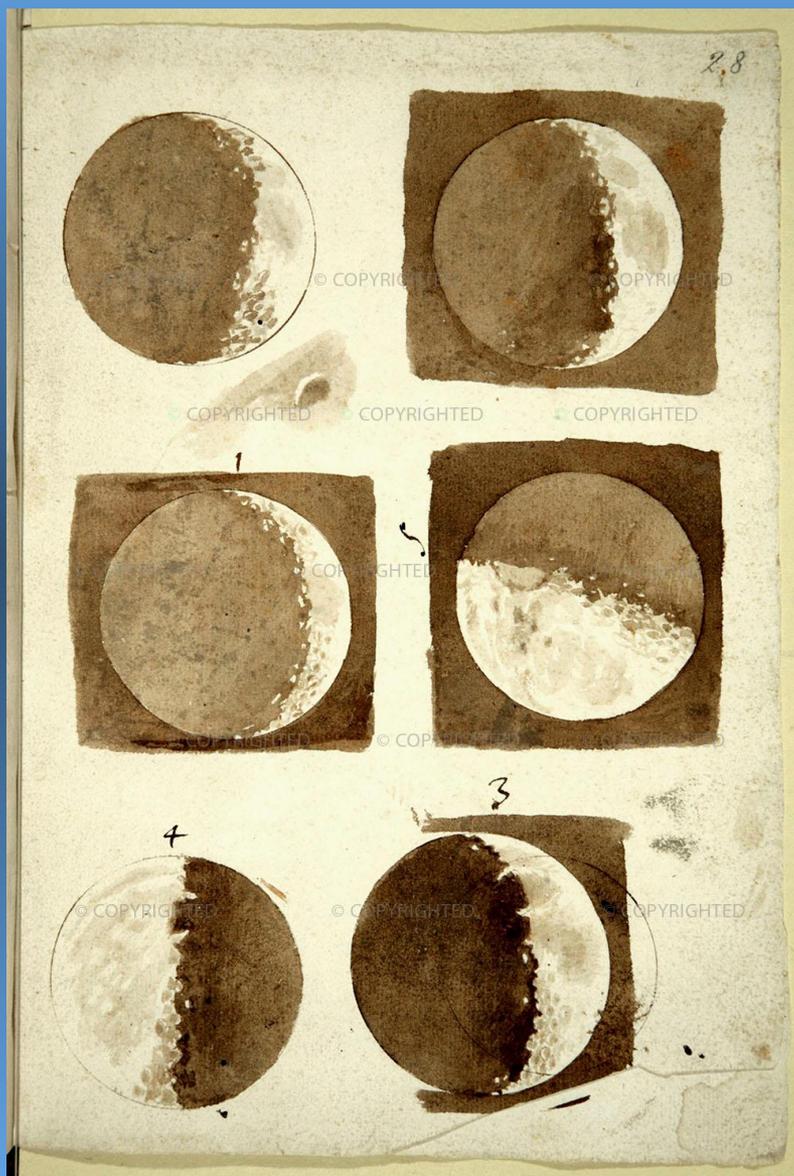
E' noto che le prime lenti per occhiali furono inventate nel XIII secolo in Italia, ma la loro diffusione fu molto lenta, tanto che i primi strumenti ottici circolarono in Olanda solamente attorno al 1608.

Il primo vero e proprio costruttore di telescopi fu Galileo Galilei, che con un piccolo cannocchiale (che deriva dalle parole cannone e occhiale) l'anno seguente indagò a fondo su numerosi oggetti celesti.

Scoprì le macchie solari, gli anelli di Saturno, le fasi di Venere, i 4 satelliti medicei di Giove ed osservò che la Via Lattea non è nient'altro che un grande addensamento di stelle. Tutto ciò con un piccolo strumento da circa 4 cm di diametro e una ventina di ingrandimenti.



I TELESCOPI - LA STORIA



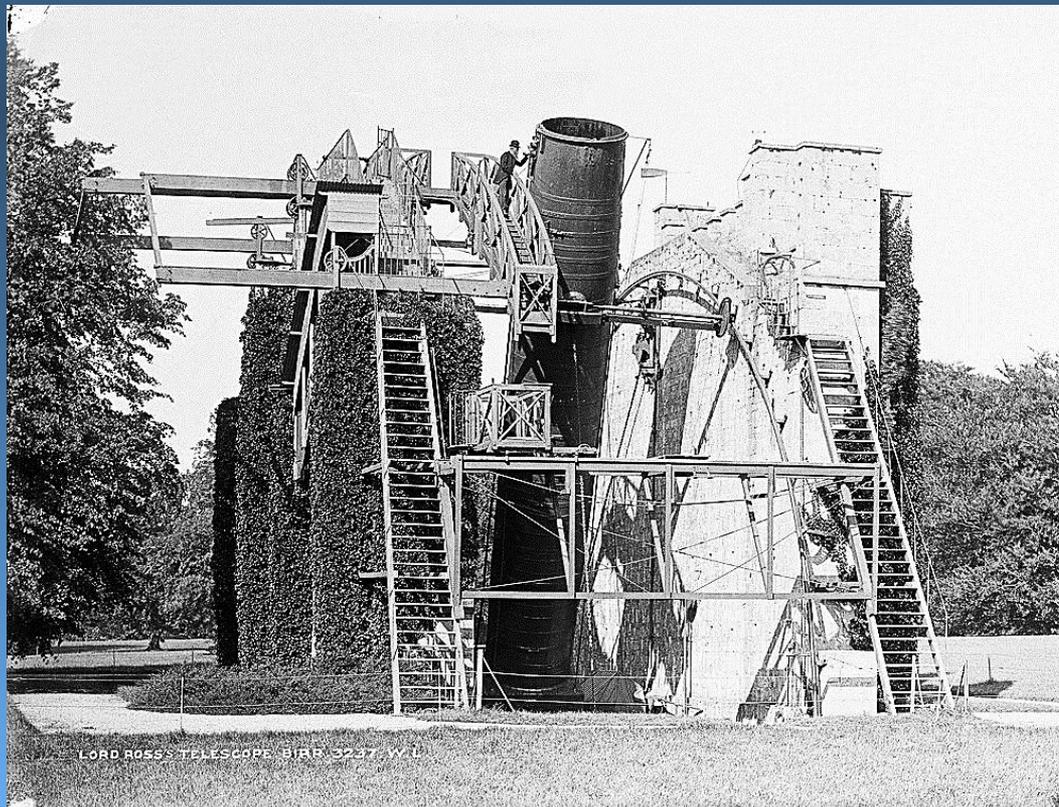
...altre cose più mirabili forse da me e da altri si scopriranno in futuro con l'aiuto di questo strumento ...

I TELESCOPI - LA STORIA



I telescopi quindi si differenziano tra loro principalmente a seconda dei tipi di ottiche adoperate; vi sono infatti i telescopi a Rifrazione, Riflessione e Catadiottrici.

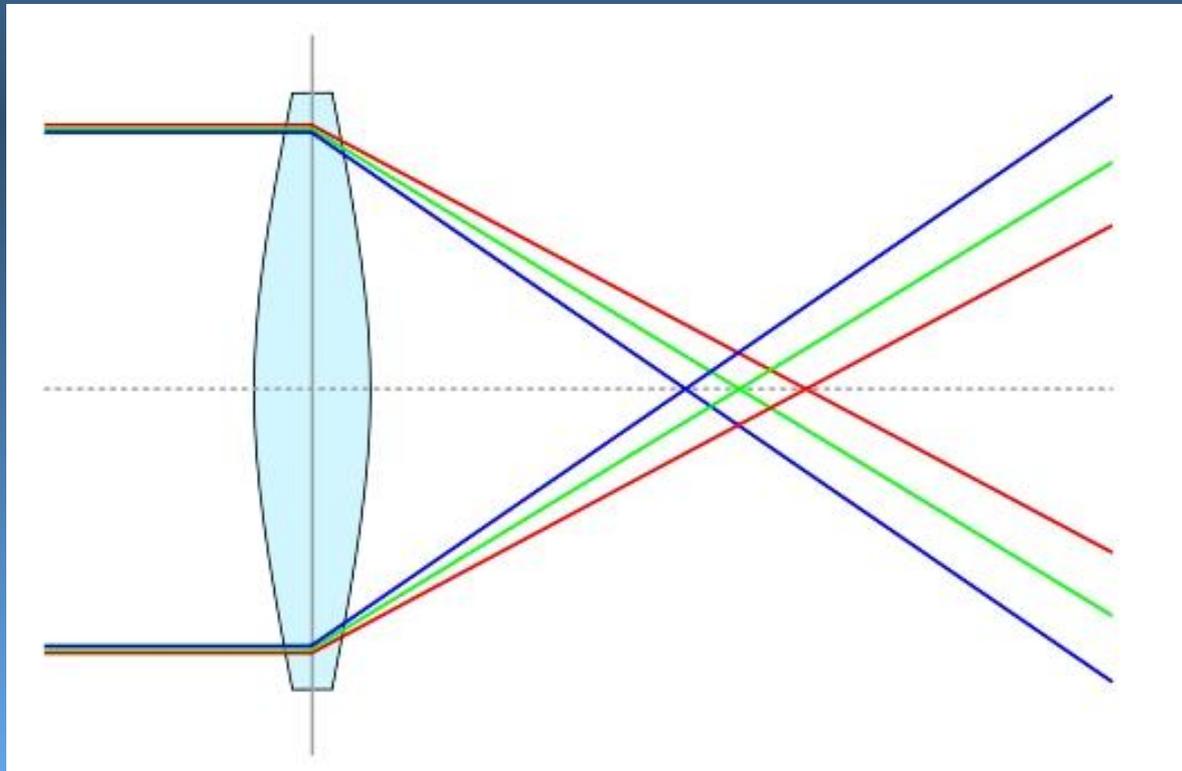
Lo scopo principale di un telescopio è quello di convergere in un punto il fascio luminoso; i primi usano **lenti**, i secondi usano una combinazione di **specchi** per farlo, mentre i terzi **entrambe** le soluzioni...



I TELESCOPI RIFRATTORI



Fino al 1733 i cannocchiali erano composti da una sola lente, ed aveva il difetto del cromatismo: la luce bianca attraversa la lente, che si comporta come un prisma, scomponendola nei suoi colori fondamentali. Ogni lunghezza d'onda cioè viene rifratta in maniera diversa (di più le lunghezze d'onda corte).

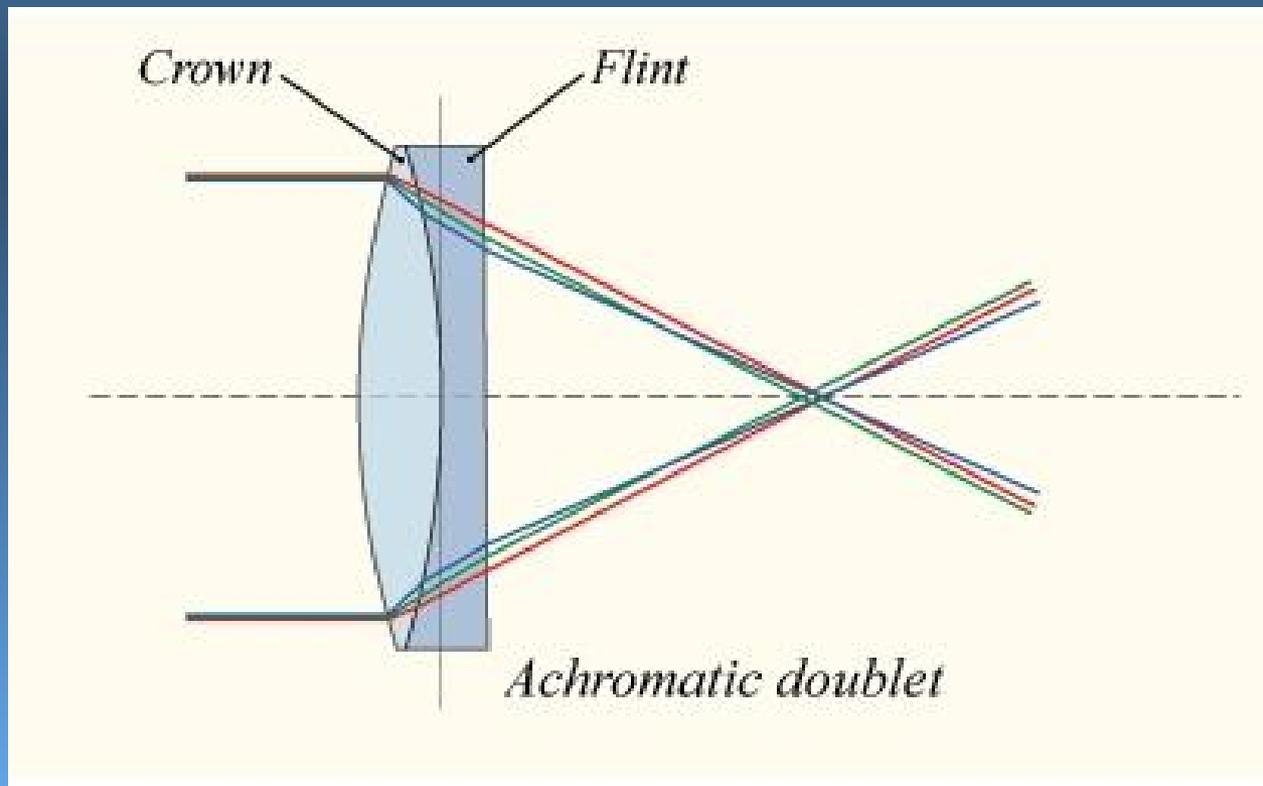


I TELESCOPI RIFRATTORI



Nel 1758 l'ottico inglese John Dollond brevettò l'idea di un altro ottico, Chester Moore Hall: il doppietto acromatico. Si iniziarono a costruire rifrattori acromatici, composti da due lenti di vetro, di forma ed indici di dispersione cromatica diversa (cioè il numero di Abbe), maggiore per il Flint e minore nel Crown. Ciò consente con buona approssimazione un fuoco unico per le varie lunghezze d'onda, anche se con precisione vengono unite solo due lunghezze d'onda.

Grazie soprattutto ad ottimi costruttori, quali Fraunhofer e Merz, i rifrattori ebbero un notevole impulso, che culminò nella seconda metà dell'800, quando si iniziarono a costruire lenti da oltre mezzo metro di diametro



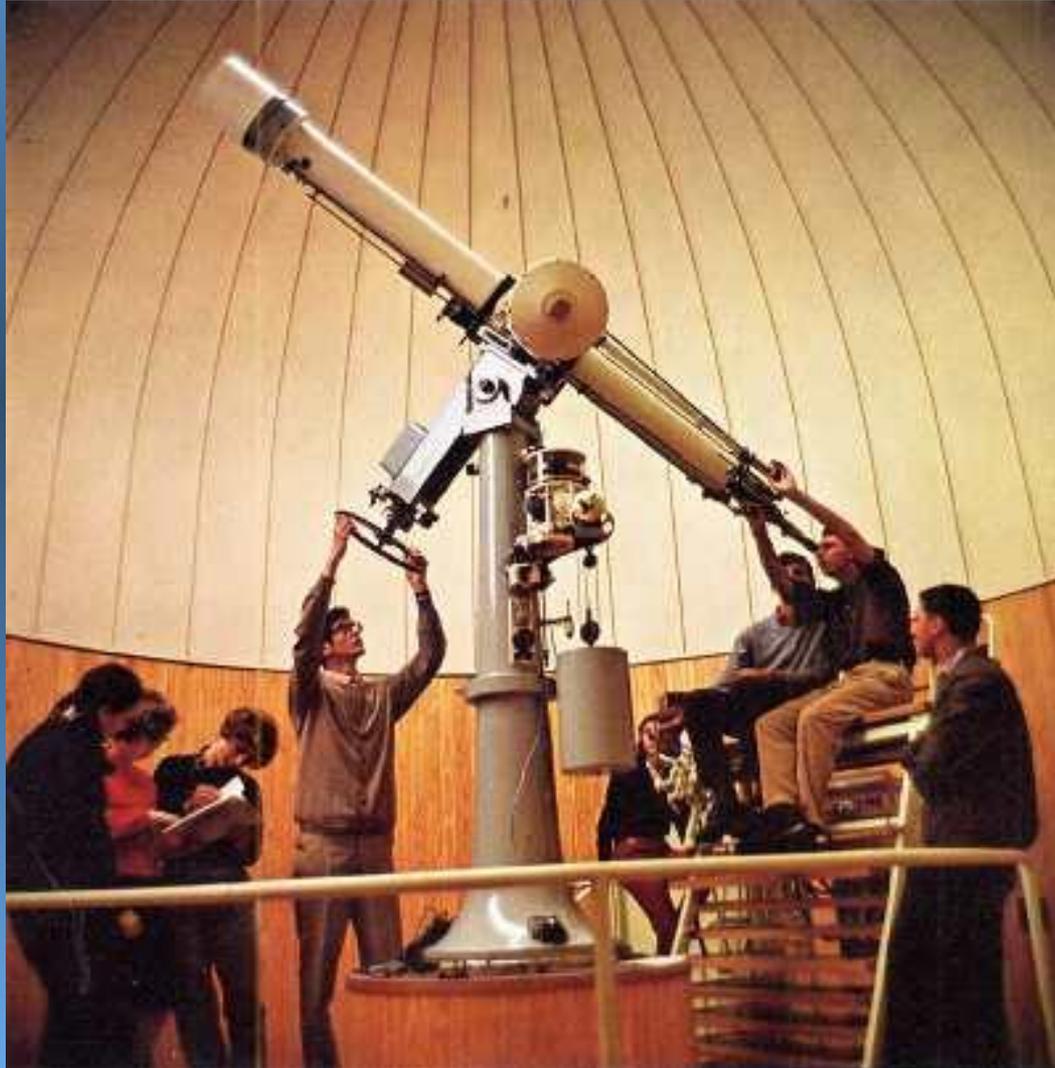
I TELESCOPI RIFRATTORI

MERZ-COOKE 20 cm - 1902



I TELESCOPI RIFRATTORI

MERZ-COOKE 20 cm - 1902



I TELESCOPI RIFRATTORI

Osservatorio di Yerkes USA
101,6 cm - 1897



I TELESCOPI RIFRATTORI

Esposizione Universale del
1900 a PARIGI 125 cm

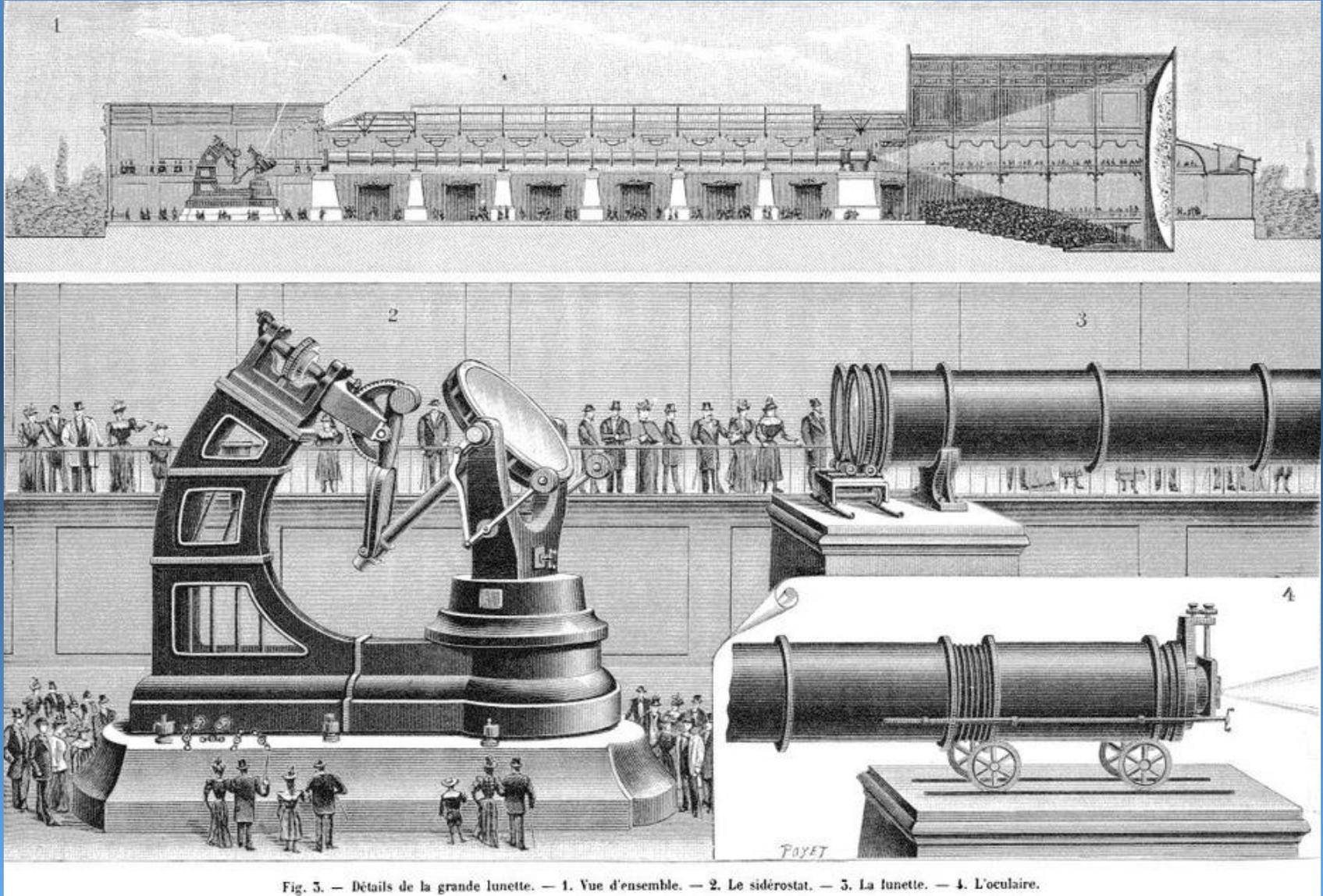


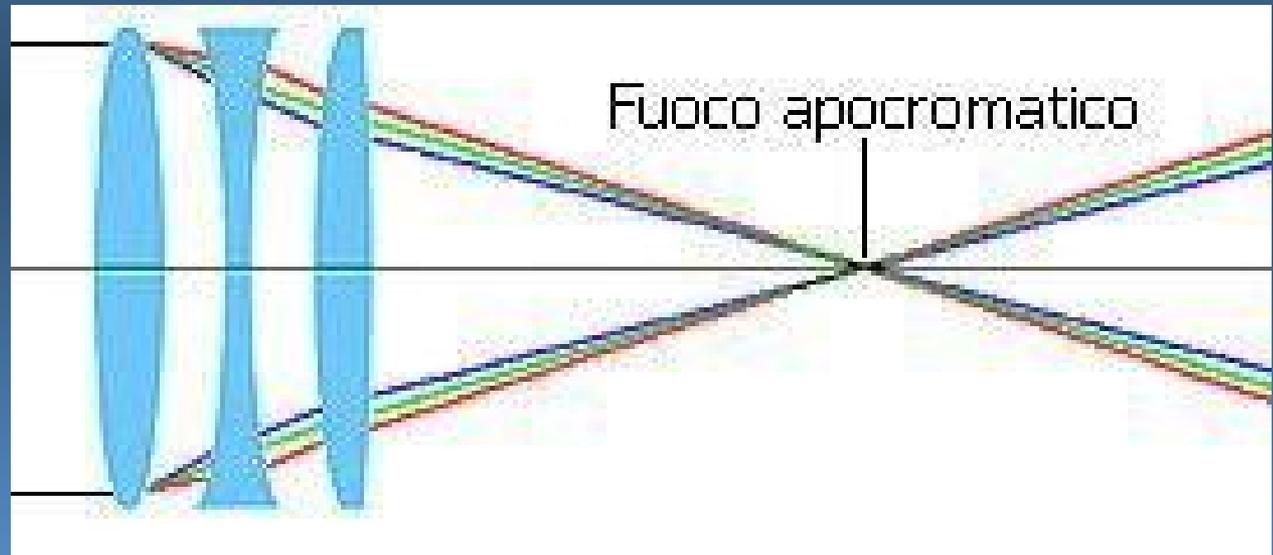
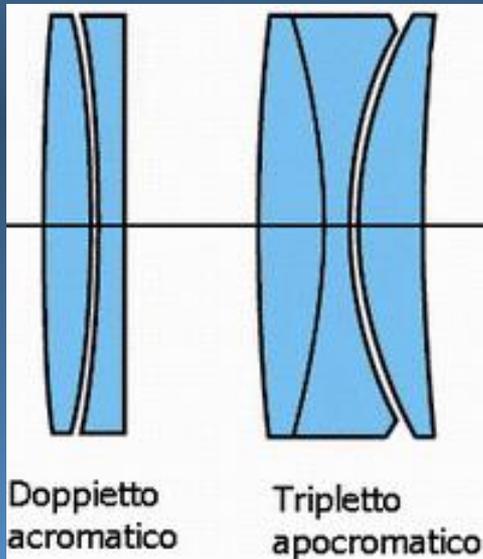
Fig. 5. — Détails de la grande lunette. — 1. Vue d'ensemble. — 2. Le sidérostat. — 3. La lunette. — 4. L'oculaire.



I TELESCOPI RIFRATTORI

Attorno al 1765 Peter Dollond (figlio di John Dollond) iniziò a costruire rifrattori a 3 lenti. Notevoli migliorie nella produzione e nella forma delle lenti si sono avute nella seconda metà del XIX secolo.

Un rifrattore si dice apocromatico se è in grado di unire 3 lunghezze d'onda e le aberrazioni sferiche e di coma sono corrette per due lunghezze d'onda (gli acromatici le correggono per una).



I TELESCOPI A RIFLESSIONE



Il primo che decise di costruire un telescopio a riflessione (non a rifrazione come i precedenti) fu Sir Isaac Newton, che nel 1672 costruì il primo telescopio “newtoniano” da 37mm di diametro, 160 mm di focale e 38x. Lo specchio era costituito da una Lega di Bronzo e Argento lucidato con soluzione di arsenico per renderlo il più possibile riflettente (l'alluminatura degli specchi iniziò solo dal 1932).

Fu solo nei primi anni del XVIII secolo che Sir William Herschel inventò lo “speculum”, lega composta dal 68% di rame e il 32% di stagno, che costituì un notevole passo in avanti per l'epoca.

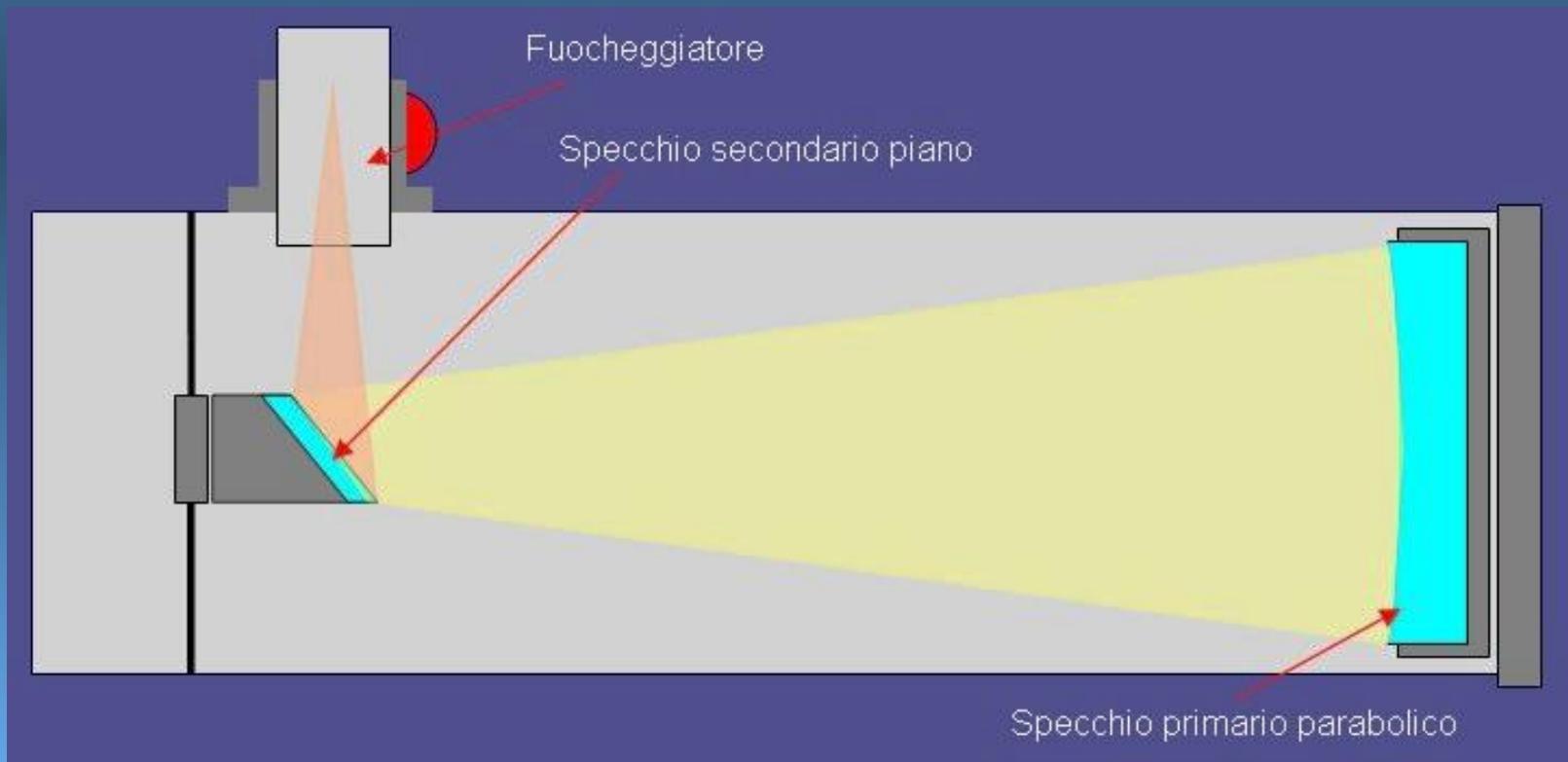




I TELESCOPI A RIFLESSIONE

Lo schema ottico a specchi più semplice è la configurazione **Newton**, inventata dallo stesso nel 1672.

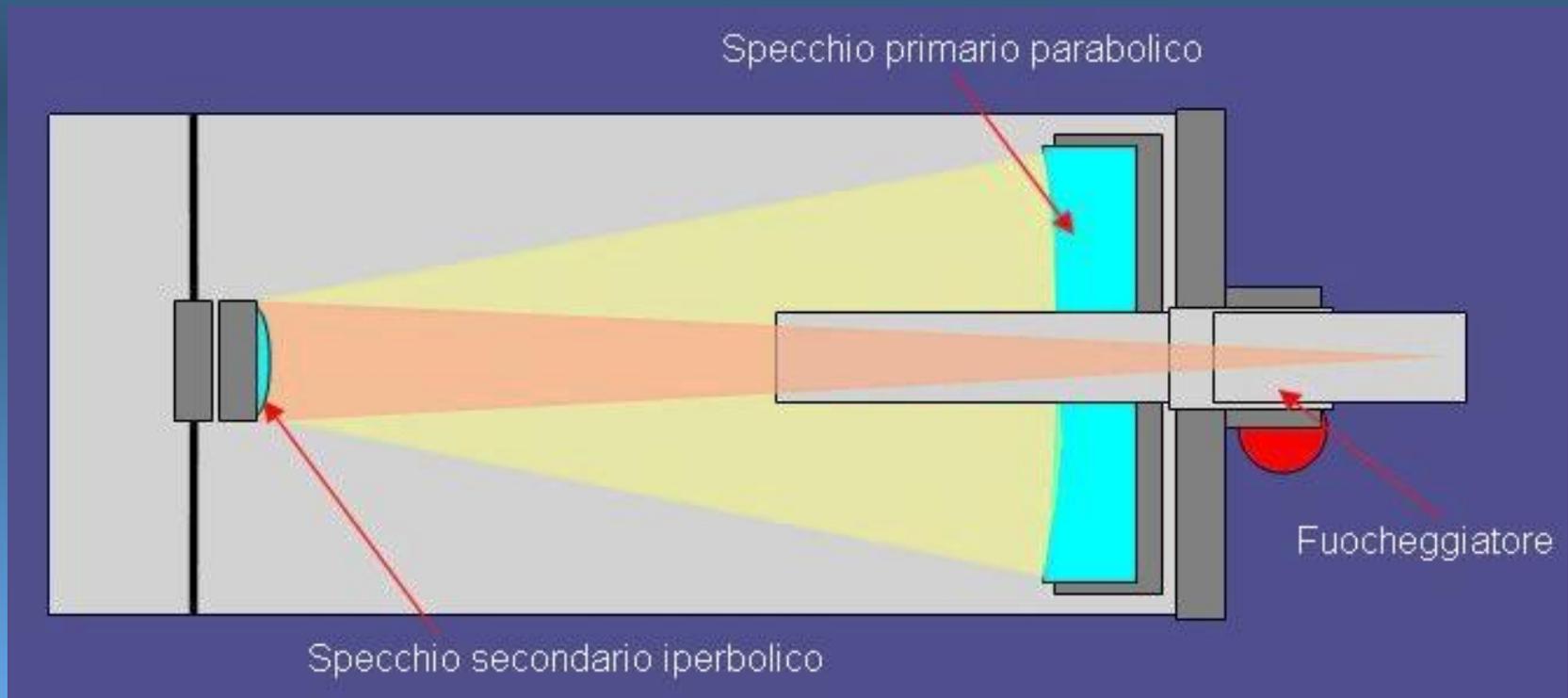
Lo specchio primario parabolico converge tutti i raggi luminosi nel fuoco. Prima di esso è posto uno specchio secondario piano che devia il fascio a lato, consentendo la visione senza interferire col fascio ottico.





I TELESCOPI A RIFLESSIONE

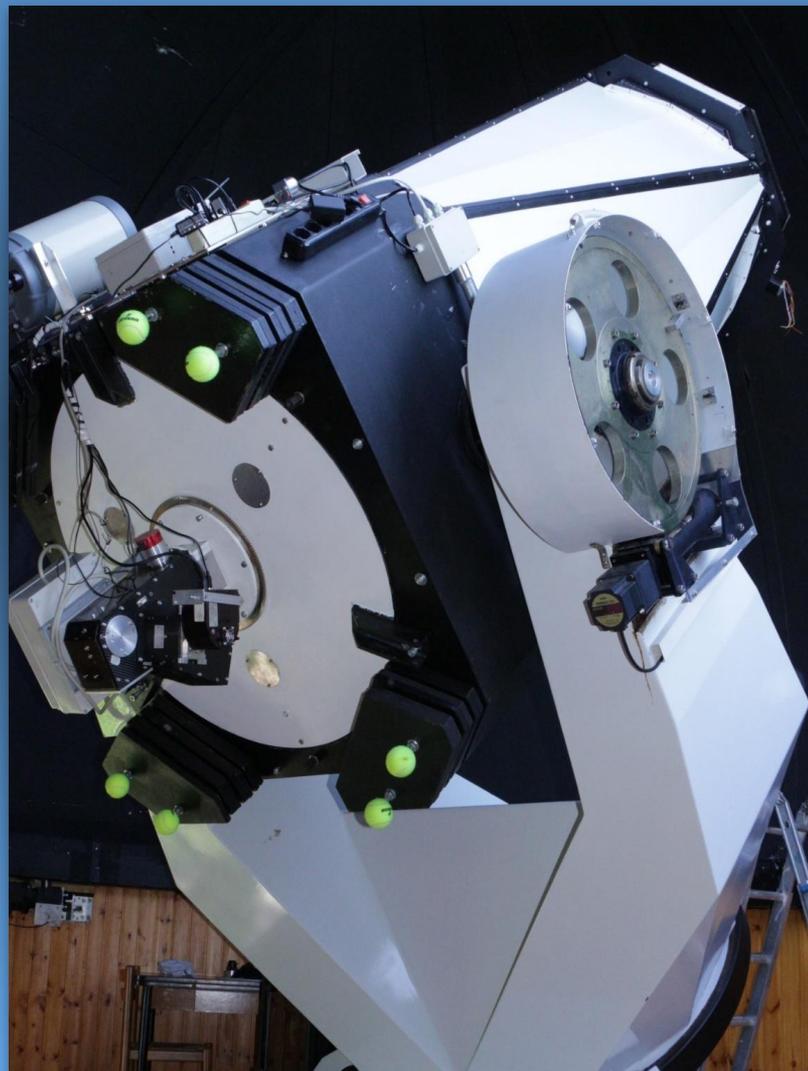
Nello stesso periodo un ottico francese, **Laurent Cassegrain**, inventò la configurazione ottica che oggi porta ancora il suo nome. E' caratterizzata sempre da un primario parabolico, ma lo specchio secondario è convesso iperbolico. Questo consente la riflessione dei raggi luminosi di nuovo verso il primario, che grazie ad un foro centrale, permette la fuoriuscita dei raggi.





I TELESCOPI A RIFLESSIONE

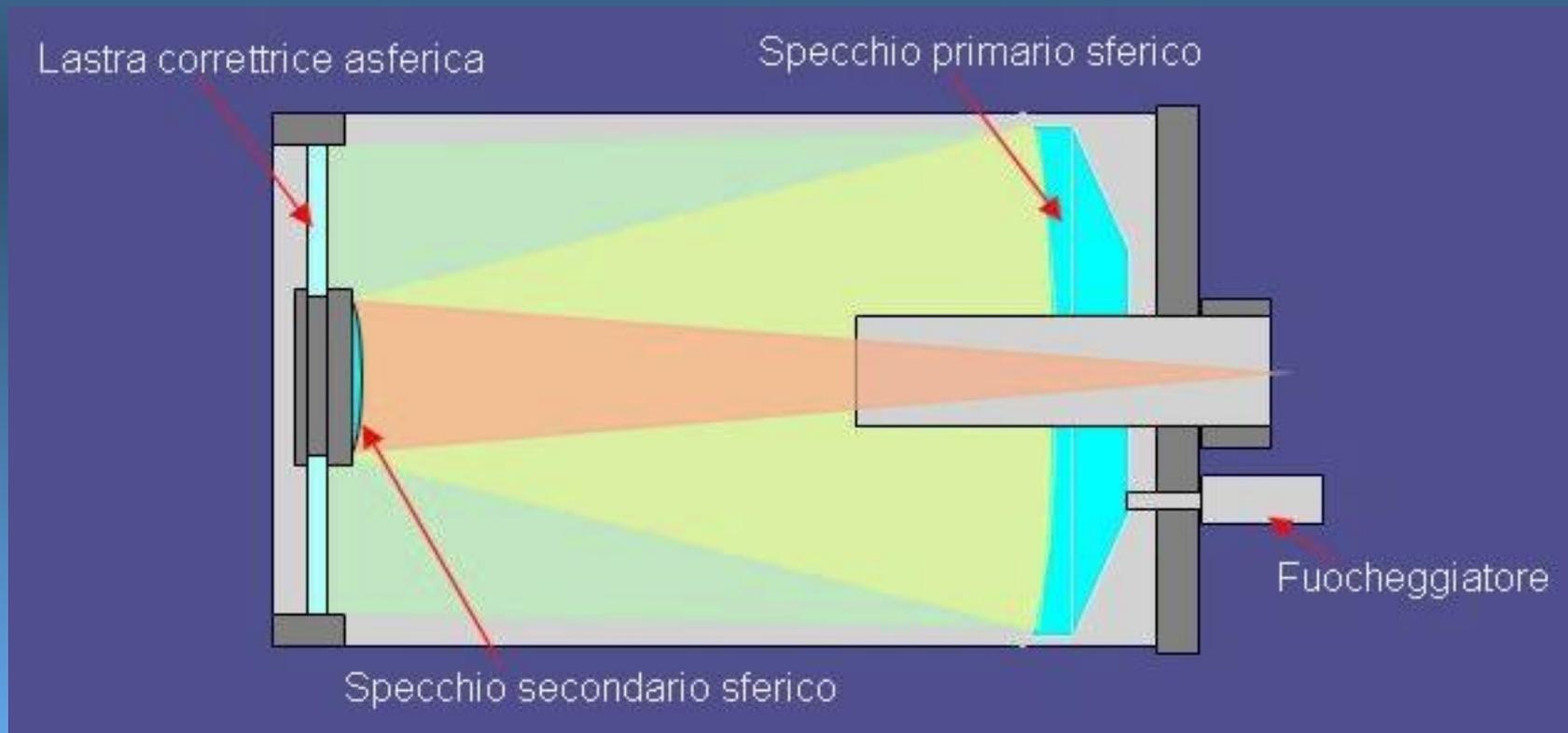
GERMANO MARCON 84 cm - Newton / Cassegrain - 2017 -





I TELESCOPI CATADIOTTRICI

Grazie alle nuove migliorie ottiche del secolo passato, si sono potute costruire molte altre configurazioni. Una delle più conosciute è lo **Schmidt-Cassegrain**. Le differenze sostanziali da quella Cassegrain sono la sfericità del primario e l'introduzione di una lastra correttrice che elimini l'aberrazione sferica del primario.





I TELESCOPI CATADIOTTRICI

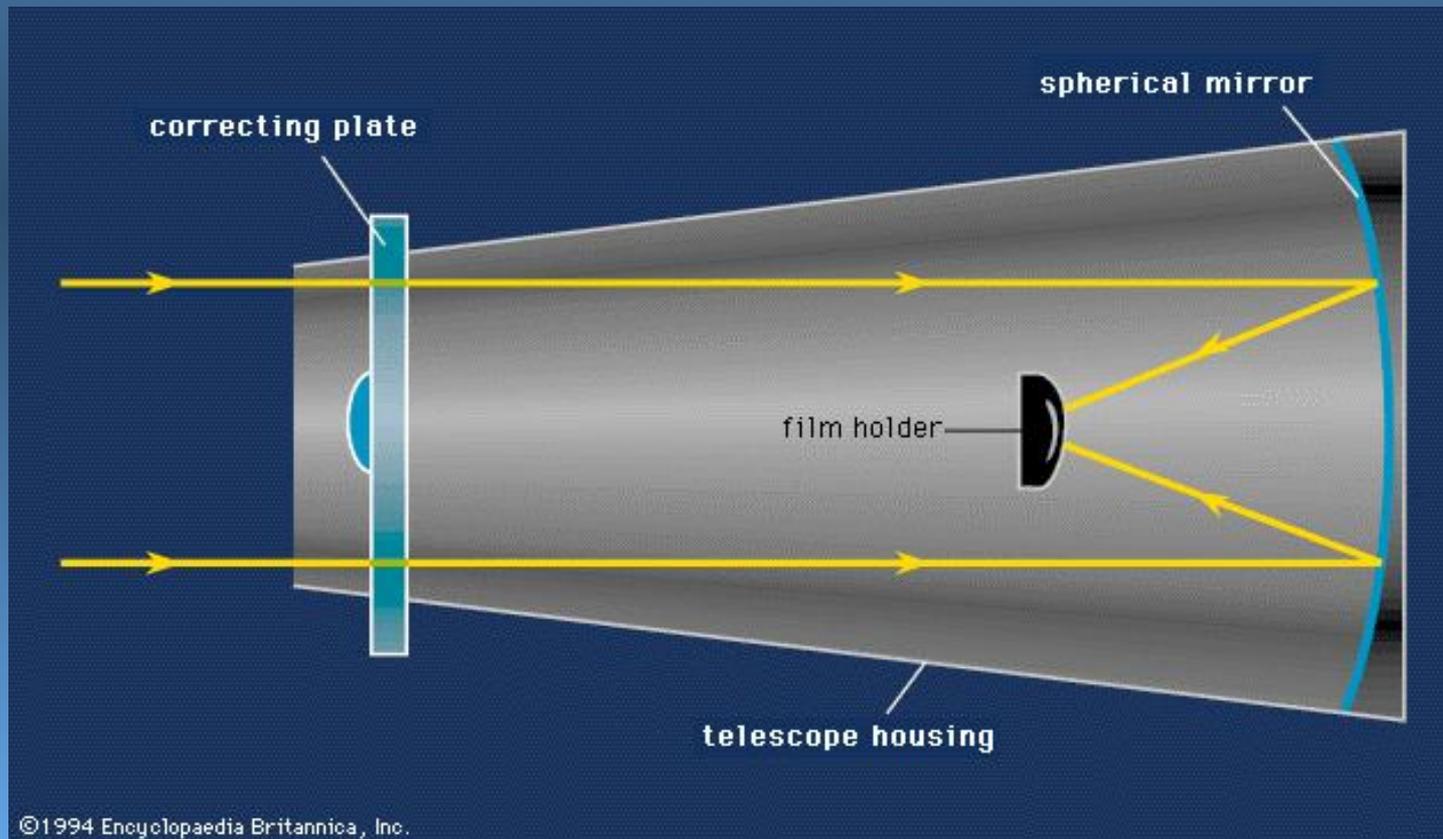
CELESTRON 35 cm F7,5 - Schmidt / Cassegrain - 2003 -





I TELESCOPI CATADIOTTRICI

La **camera Schmidt**, inventata dall'ottico estone Bernhard Schmidt nel 1930, è un particolare telescopio che forniva immagini prive di aberrazioni di un grande campo (diversi gradi). Il fuoco era occupato da un porta pellicole curvo nel quale si inseriva una pellicola fotografica e attualmente un sensore digitale.





I TELESCOPI CATADIOTTRICI



La Camera Schmidt da 14 pollici,
operante a $f/1,7$ (600mm di focale),
con la quale fino al 2002 in cupola
Mascioni sono state effettuate
moltissime fotografie su tradizionale
pellicola chimica a medio e grande
campo (fino a 5.7×7.1 gradi di
campo inquadrato).

I TELESCOPI CATADIOTTRICI



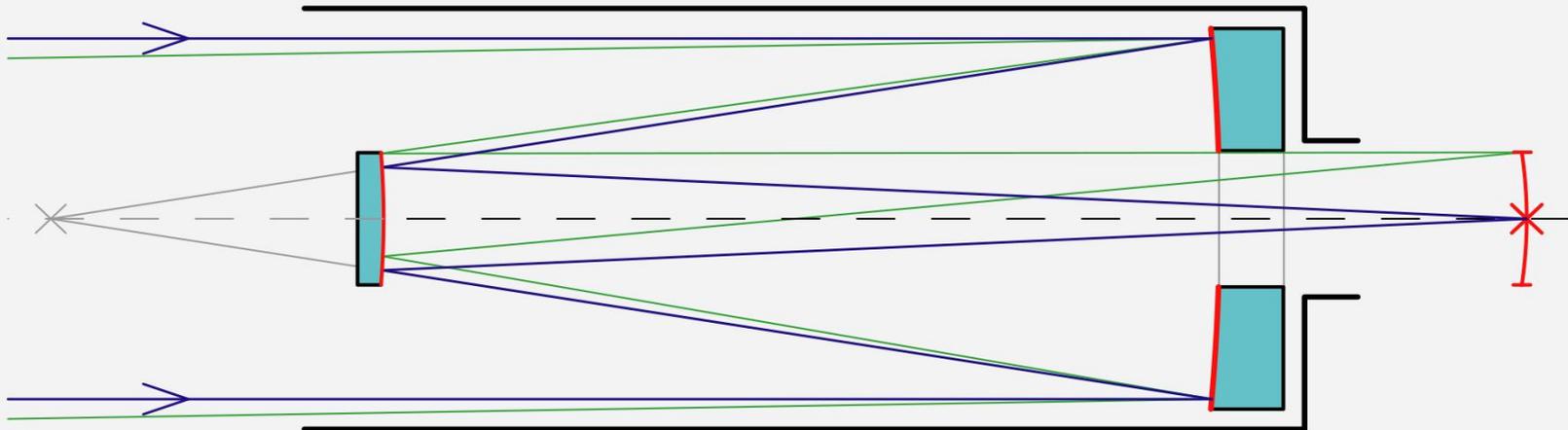
Karl Schwarzschild Observatory – Tautenburg – Germany
Specchio Primario da 2 metri e 1,34 di apertura a f 3,3



I TELESCOPI CATADIOTTRICI

La configurazione ottica Ritchey-Chrétien è un sistema di configurazione degli specchi di un telescopio riflettore, ed è un'evoluzione dello schema Cassegrain classico capace di diminuire notevolmente gli effetti dell'aberrazione per gli oggetti fuori asse. Fu inventata all'inizio del XX secolo dall'astronomo statunitense George Willis Ritchey e dall'astronomo ed ottico francese Henri Chrétien.[1]

Ritchey-Chrétien-Cassegrain-Teleskop



I TELESCOPI CATADIOTTRICI



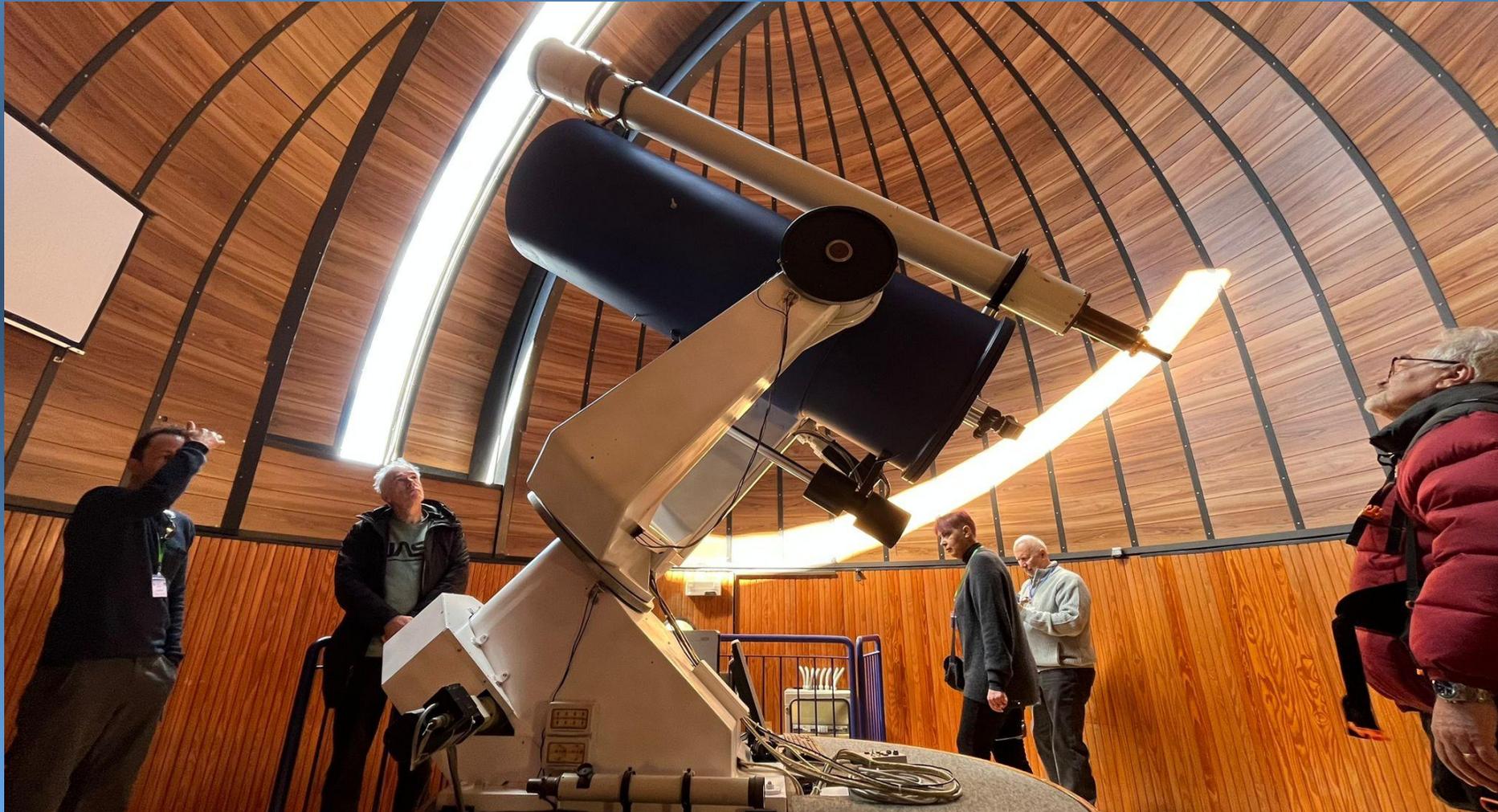
RC 360 F8,4 “PIERGIORGIO FERRANTE TELESCOPE” HAKOS FARM – NAMIBIA –



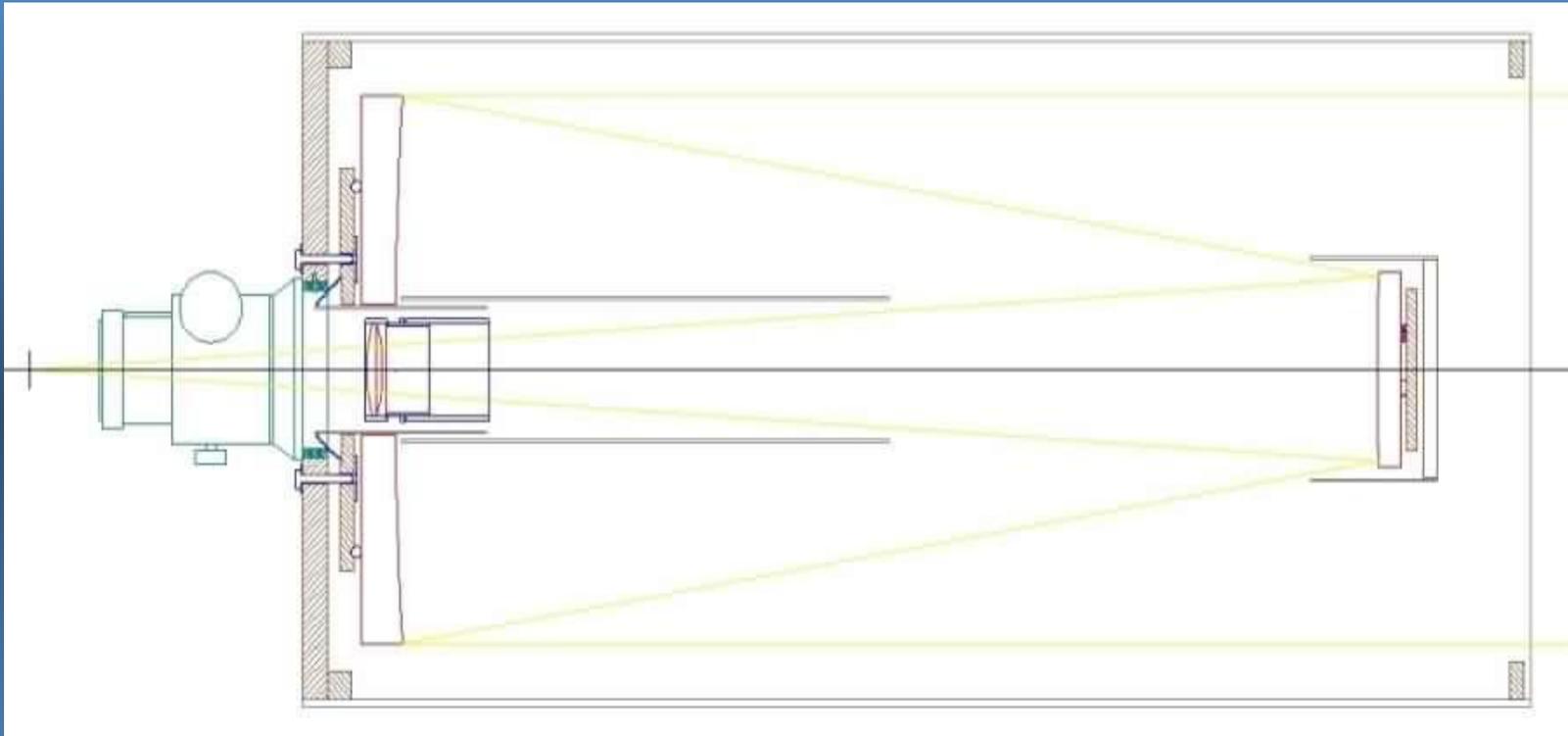
I TELESCOPI CATADIOTTRICI



La configurazione ottica Dall-Kirkham è un tipo di telescopio che utilizza specchi e lenti
Specchio primario a forma Ellittica e secondario Sferico con un Correttore di Campo
Lo strumento è stato inaugurato nel 2023 all'interno della Cupola Chang - Sai Vita



I TELESCOPI CATADIOTTRICI

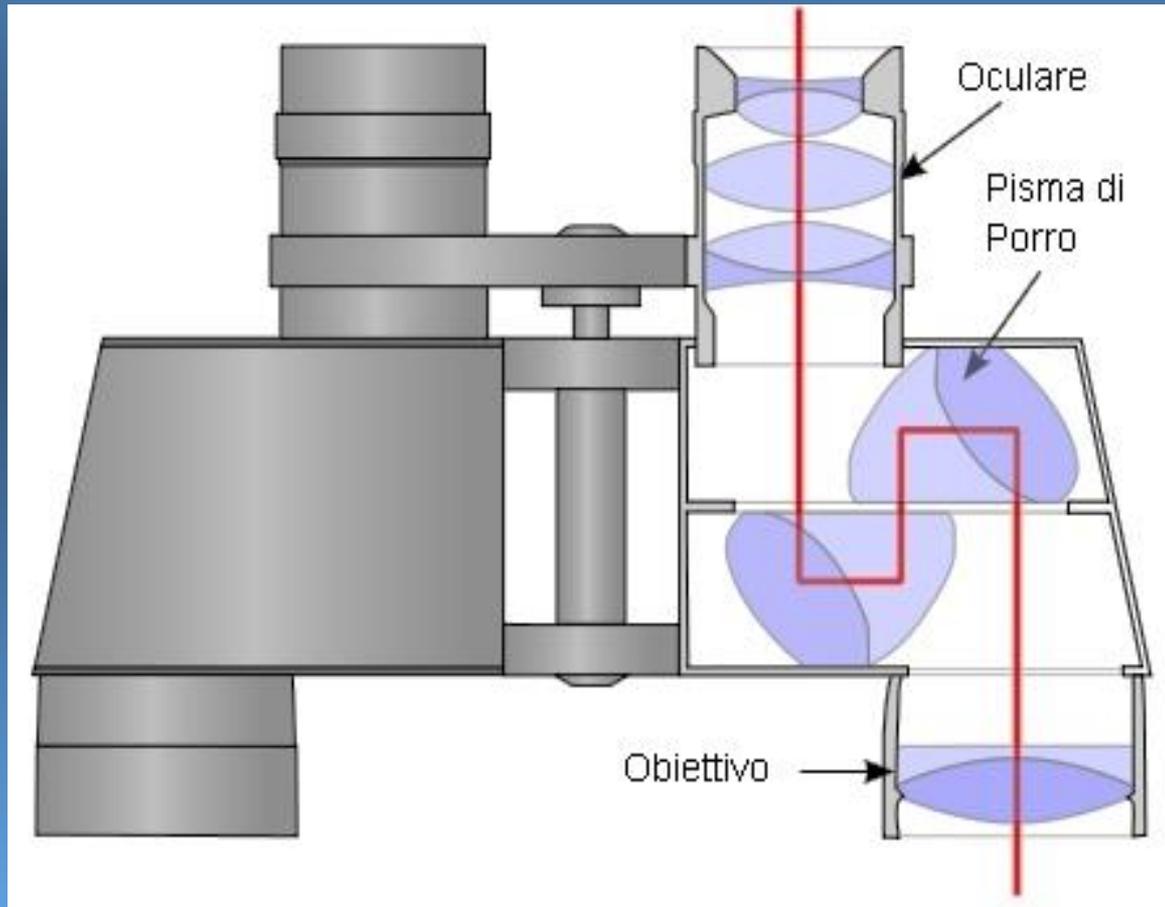


Corrected Dall - Kirkham 508 mm di diametro - 4060 mm - f8



IL BINOCOLO

Il binocolo è il più semplice, versatile e comodo strumento ottico formato da lenti e prismi. Mentre le lenti ingrandiscono l'immagine, i prismi la raddrizzano, consentendo comode visioni diurne o notturne con entrambi gli occhi, si utilizza la cosiddetta visione stereoscopica.





IL BINOCOLO

**Il binoculare 20x125
(20 ingrandimenti e doppietto di lenti da 125 mm di diametro)**





GLI OCULARI

L'oculare è il complesso ottico che serve a permetterci di osservare l'immagine che si forma al fuoco diretto del telescopio, oltre che ad ingrandirla a nostro piacimento.

L'oculare ideale è formato da una lente convergente ma all'atto pratico una lente singola non garantisce la correzione delle aberrazioni più comuni, per cui un normale oculare è formato da un minimo di 2 lenti.

Le grandezze tipiche di un oculare sono sostanzialmente 2, la lunghezza focale e il campo apparente; da esse dipenderanno sia l'ingrandimento che il campo abbracciato che potremo apprezzare durante l'osservazione.

L'ingrandimento (I) si ottiene dividendo la focale del telescopio (F) per quella dell'oculare (f).

Supponiamo di avere un telescopio da 1000mm di focale e un oculare da 5mm:

$$I = F / f; \text{ nello specifico } I = 1000 / 5 = 200x$$

Il campo coperto (Cr) si ottiene dividendo il campo apparente dell'oculare (Ca) per l'ingrandimento (I) ottenuto dalla combinazione telescopio + oculare in oggetto; rifacendoci all'esempio precedente immaginiamo che l'oculare da 5mm utilizzato abbia un campo apparente di 45°:

$$Cr = Ca / I; \text{ nello specifico } Ca = 45 / 200 = 0.25^\circ$$

Esiste un terzo dato (che può assumere una certa importanza nelle osservazioni del profondo cielo) che è la pupilla di uscita (Pu), ossia il diametro del fascio di luce che fuoriesce effettivamente dall'oculare durante l'osservazione; si ottiene dividendo la focale dell'oculare (fo) per il rapporto di apertura (f/) del telescopio. Rifacendoci al caso precedente immaginiamo che il telescopio da 1000mm di focale sia un 200mm di apertura, con un rapporto focale pari ad f/5:

$$Pu = fo / f/; \text{ nello specifico } Pu = 5 / 5 = 1mm$$



TIPI DI OCULARI

Esistono molti tipi diversi di oculare, a seconda del numero interno di lenti, della pupilla di uscita che si vuole ottenere, degli ingrandimenti, del campo apparente, ecc.

Ad oggi i migliori oculari possono addirittura avere anche 6 o 10 lenti e oltre

Oculare di Ramsden
 $f_a = f_b$
 $d = 2/3 f_a$

Oculare di Huygens
 $f_a = 1/3 f_b$ oppure $f_a = 1/2 f_b$
 $d = (f_a + f_b)/2$

Oculare di Kellner
(v. oculare di Ramsden)

Oculare Simmetrico
 $f_a = f_b$
 $d = \text{minima}$

Figura 10 - Oculari semplici da autocostruire

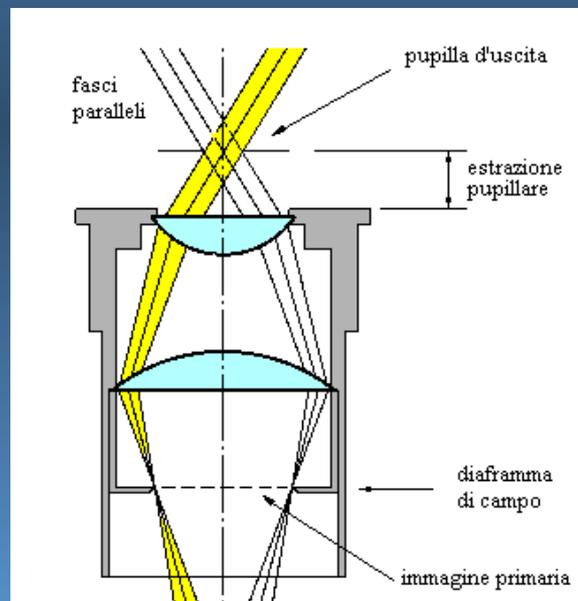


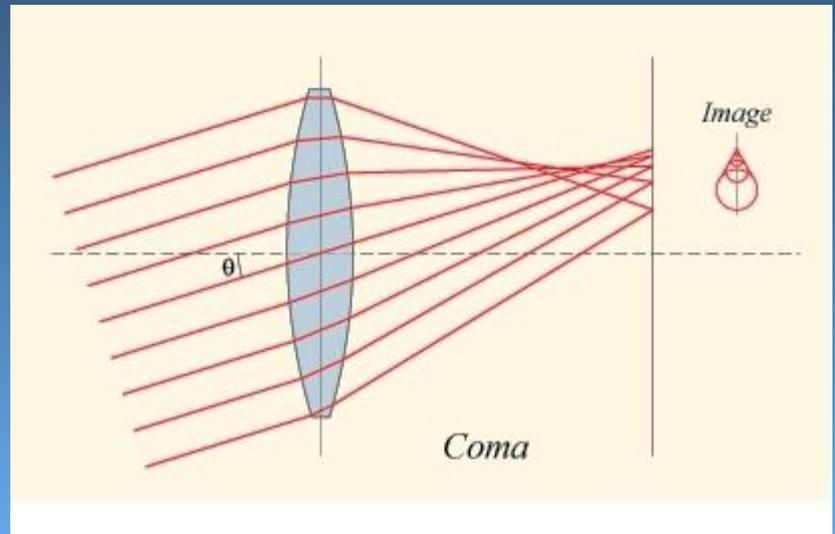
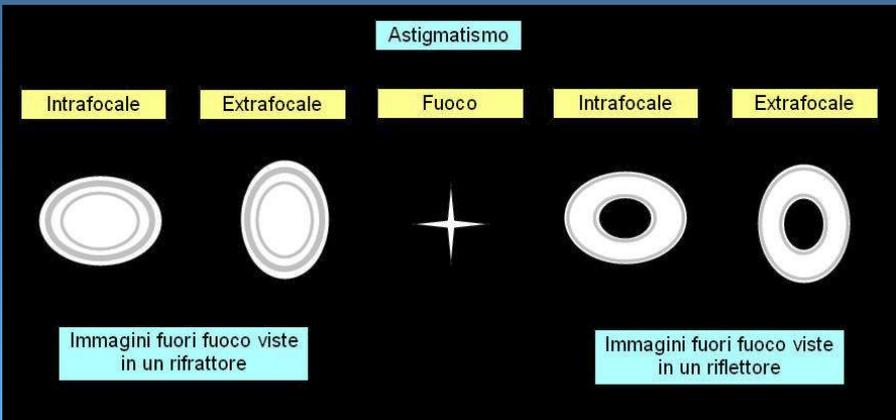
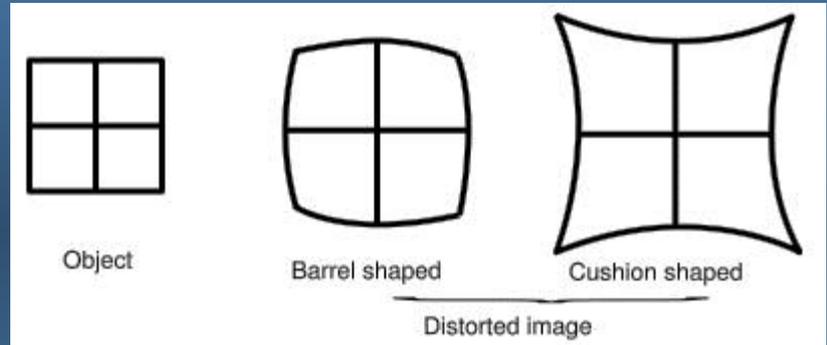
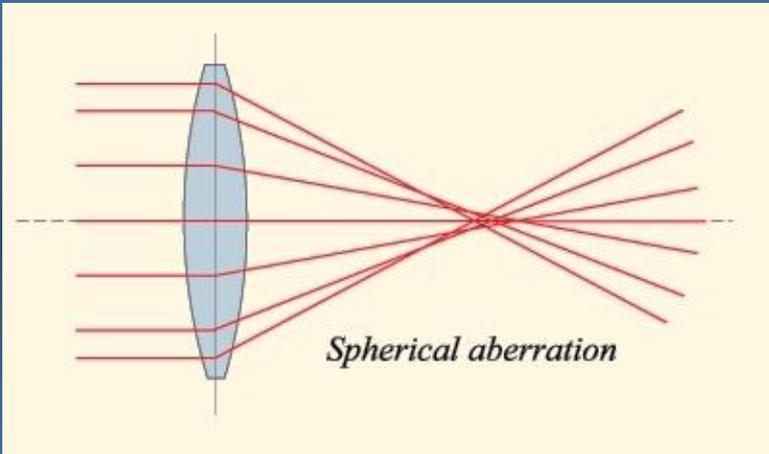
Figura 3 - Formazione della pupilla d'uscita in un oculare. Notate come da ciascun punto dell'immagine primaria esca dall'oculare un fascio di luce parallela.





LE ABERRAZIONI

Le aberrazioni sono dei difetti ottici che si possono riscontrare nei vari tipi di telescopi / oculari. Si dividono in assiali o extra-assiali a seconda se compaiono al centro o ai bordi dell'immagine. Le più comuni sono l'aberrazione cromatica (già trattata in precedenza) e quella sferica (entrambe assiali), il coma, la distorsione e l'astigmatismo, queste ultime tre extra-assiali.





I TELESCOPI - LA STORIA

Per quanto riguarda i riflettori, i passi sono stati veramente incredibili, ed al contrario i rifrattori, la cui costruzione è limitata dal peso e dalla complessità di ricavare ottime lenti di grandi diametri infatti il più grande ancora in uso è stato costruito nel 1897 e all'esposizione universale di Parigi del 1900 venne costruito uno strumento di 125 cm di diametro e lungo 60 metri, per i riflettori invece non esiste un vero limite in questo senso.

Il primo grande telescopio a specchi fu quello di Lord Rosse, costruito nel 1845, che aveva uno specchio di 182 cm di diametro.

Da allora ne furono costruiti molti altri, e sempre con diametro crescente; i più famosi sono il 2,5m "Hooker" di Mount Wilson ed il 5m "Hale" di Monte Palomar, entrato in funzione nel 1948.

Non possiamo visionare tutti i telescopi al mondo, ma ci limiteremo ad analizzarne solo alcuni;

Il primo è ancora il più grande Osservatorio del mondo, il complesso del VLT (Very Large Telescope) sito nel deserto di Atacama in Cile (Nel 2027 ne sarà pronto uno grande quasi 5 volte...)

Il secondo è il più grande telescopio installato in Italia ad Asiago e Cima Ekar in provincia di Vicenza

Il terzo è stato il più efficiente telescopio spaziale l'Hubble Space Telescope HST (lanciato nel 1990 e ancora operativo...)

E il suo tanto atteso successore il James Webb Space Telescope JWST



I TELESCOPI

Il sito scelto per la costruzione dell'Osservatorio più grande al mondo è il deserto di Atacama (Ande Cilene), le cui condizioni meteo-climatiche sono le migliori (Temp: $-10/+25^{\circ}\text{C}$, Umid: 5-20% , circa 350 notti serene e nessun inquinamento luminoso). Hanno dovuto spianare una montagna...



Il Cerro Paranal



I TELESCOPI

Il VLT (Very Large Telescope), dell'ESO (European Southern Observatory). 4 telescopi da 8,2m che possono lavorare indipendentemente o in simultanea con la risoluzione di un unico strumento da 16m!



Il VLT - ESO



I TELESCOPI - DIMENSIONI



Extremely Large Telescope (2028)...(39 Metri !!!)

Cerro Armazones (3046 Metri) Vs Cerro Paranal (2635 Metri)

I TELESCOPI - DIMENSIONI



140 M

120 M

100 M

80 M

60 M

40 M

20 M



Extremely Large Telescope (2028 Vs Very Large Telescope (8,4 Metri) Vs Colosseum

I TELESCOPI - DIMENSIONI





I TELESCOPI



Telescopio GALILEO , 1,22 Mt, Osservatorio di Asiago, Pennar



I TELESCOPI



Telescopio COPERNICO , 1,80 Mt,
Osservatorio di Asiago, Cima Ekar



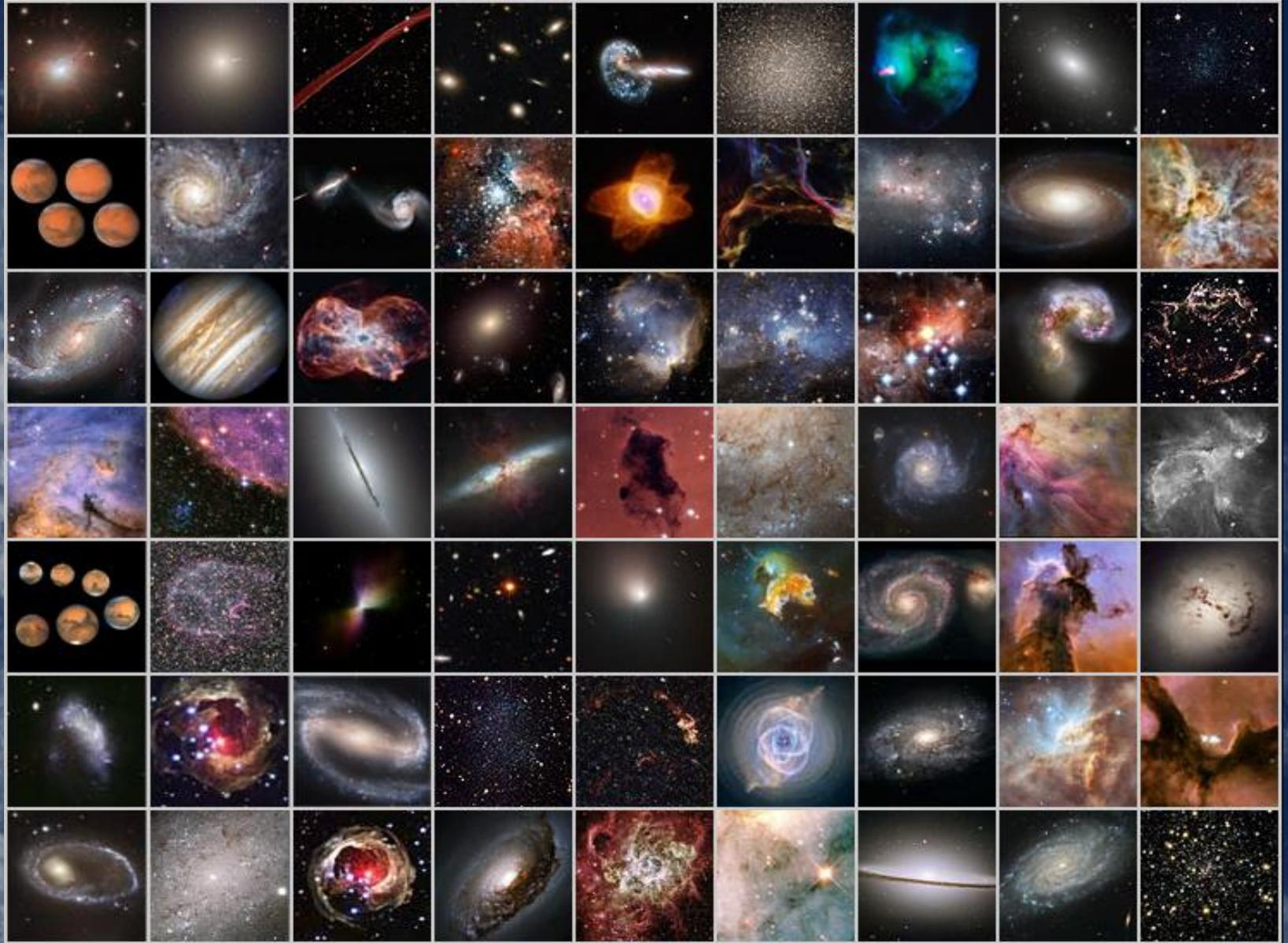
I TELESCOPI

Telescopio spaziale HUBBLE da 2,4 Mt (1990...)



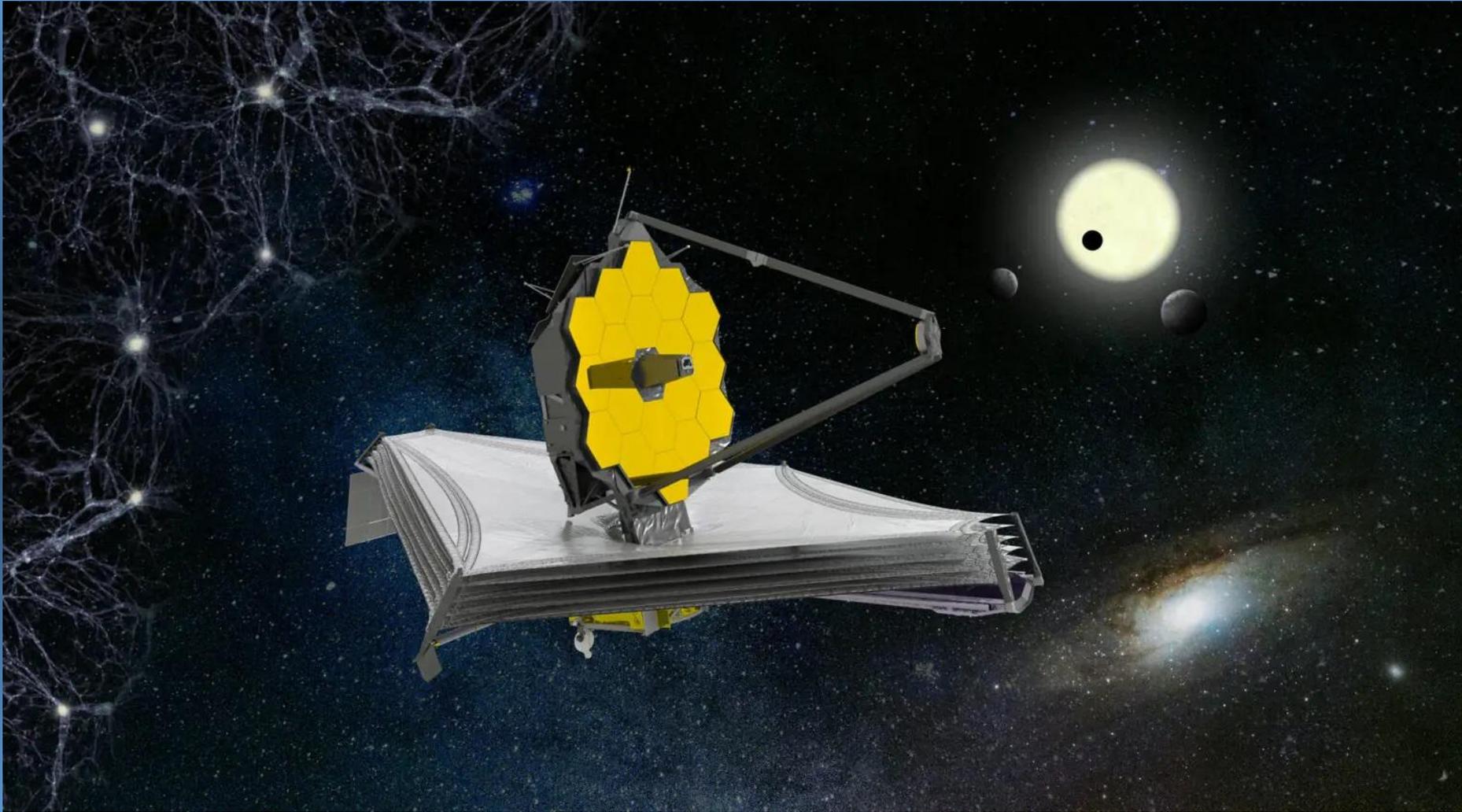


I TELESCOPI





I TELESCOPI



JWST James Web Space Telescope 6,5 Mt

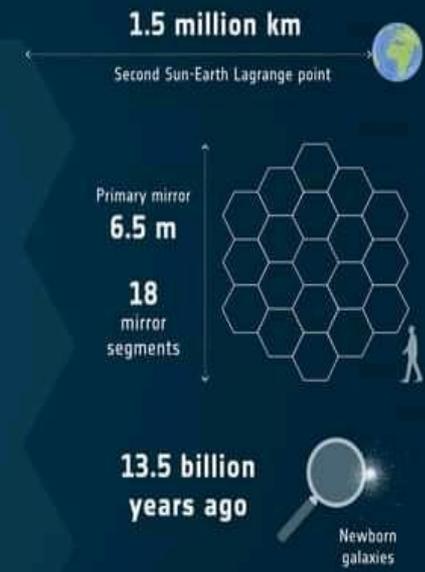
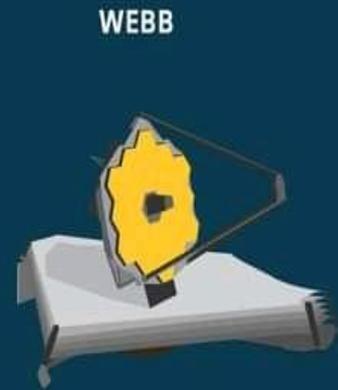
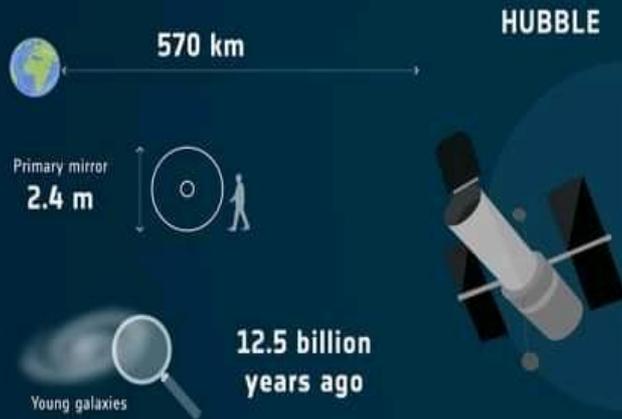


I TELESCOPI



COMPARING WEBB AND HUBBLE

Webb follows the NASA/ESA Hubble Space Telescope in the line of great space observatories. Both space observatories have different capabilities and will operate in parallel, complementing each other.



JWST James Web Space Telescope 6,5 Mt

I TELESCOPI



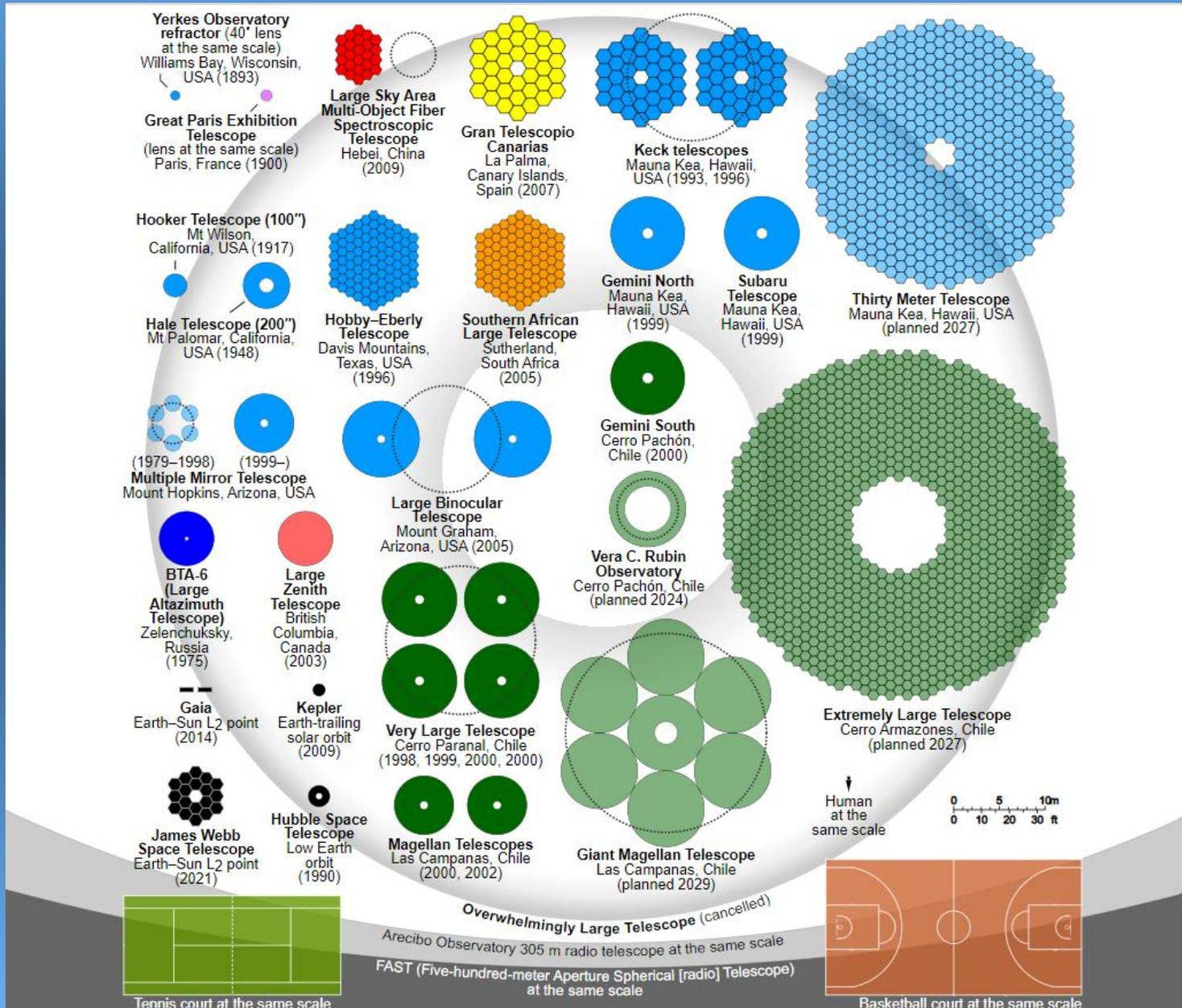
HST Hubble Space Telescope



JWST James Web Space Telescope

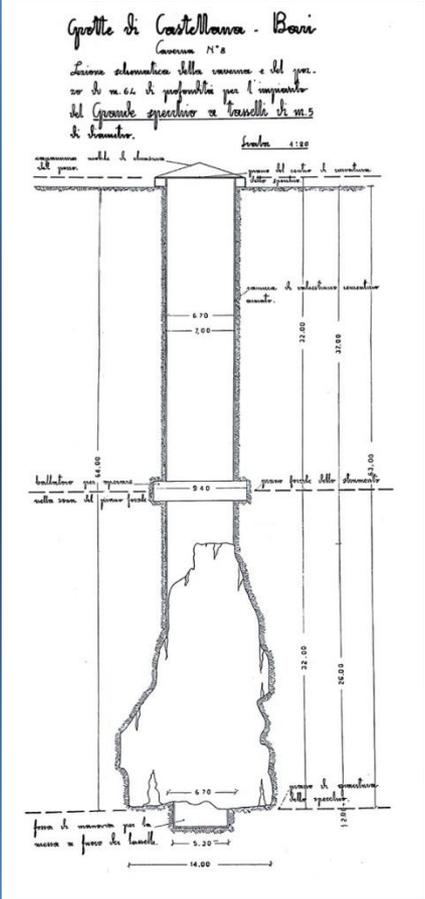
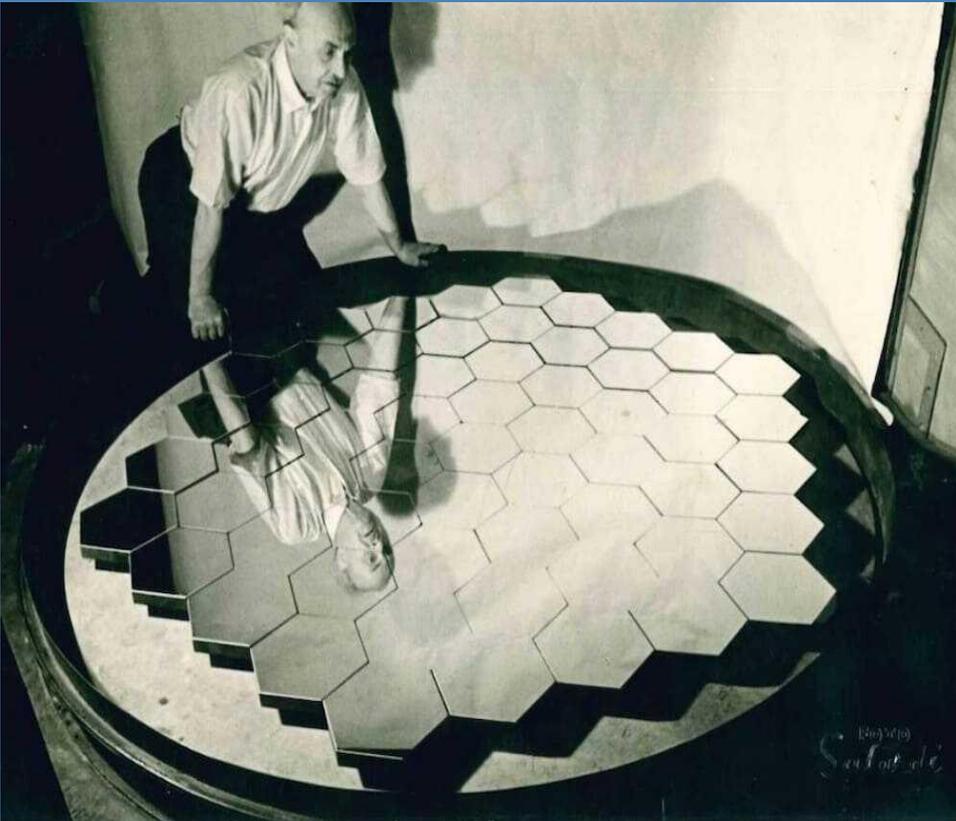


I TELESCOPI - DIMENSIONI



I TELESCOPI - PASSATO, PRESENTE E FUTURO

Guido Horn D'Arturo (1879 – 1967)



61 specchi a esagono, 183 viti di regolazione e 1,8 metri di diametro e oltre 17000 lastre dal 1952 al 1957

217 specchi a esagono e 5,1 metri di diametro (Progetto mai realizzato)





I RIVELATORI DIGITALI

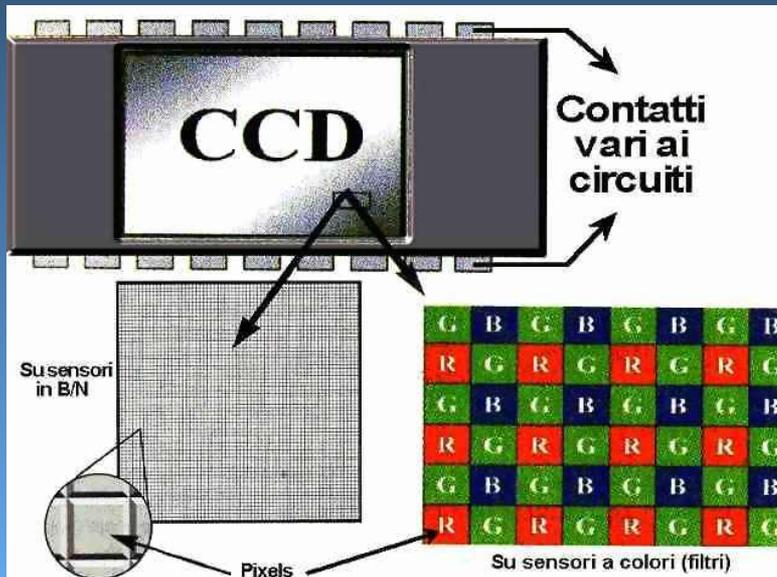
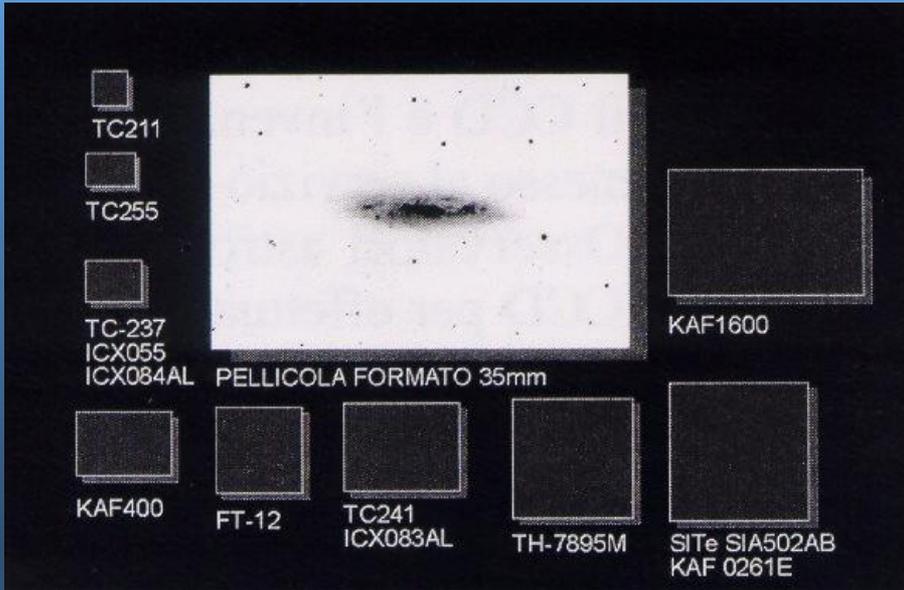
Il CCD (acronimo inglese che significa Charge-Coupled Device, dispositivo ad accoppiamento di carica) è stato inventato nel 1970 dai ricercatori W.S.Boyle e G.E.Smith dei Bell Laboratories.

La matrice di silicio è composta da un numero variabile di pixel di varie dimensioni che, quando "colpiti" dalla luce, producono e conservano elettroni in numero proporzionale alla luce incidente. Al termine dell'esposizione, gli elettroni accumulati nei pixel vengono accuratamente misurati e trasferiti ad un circuito che provvede ad amplificarli ed a convertirli in "numeri". A loro volta questi ultimi verranno trasferiti ad un computer, il quale provvederà a visualizzare l'immagine, per una successiva misurazione / elaborazione.





CCD (CMOS) Vs PELLICOLA FOTOGRAFICA



FUTURE

CMOS

POTENTIAL FOR NEW DEVELOPMENTS IN CMOS ARE:

- FASTER READOUT
- HIGHER RESOLUTIONS
- EXTREME DYNAMIC RANGE
- TIME DELAY AND INTEGRATION

CCD

NO NEW DEVELOPMENTS FOR CCD EXPECTED IN TIME.



I RIVELATORI DIGITALI

2018-017A (Starman)
11/02/2018 h.04.27 UT
0.84-m f/3.5 reflector + CCD
Distanza: 1,3 milioni di km
Mag. 17.5
L. Buzzi, A. Aletti, A. Medda
Oss. Astron. Schiaparelli - MPC 204

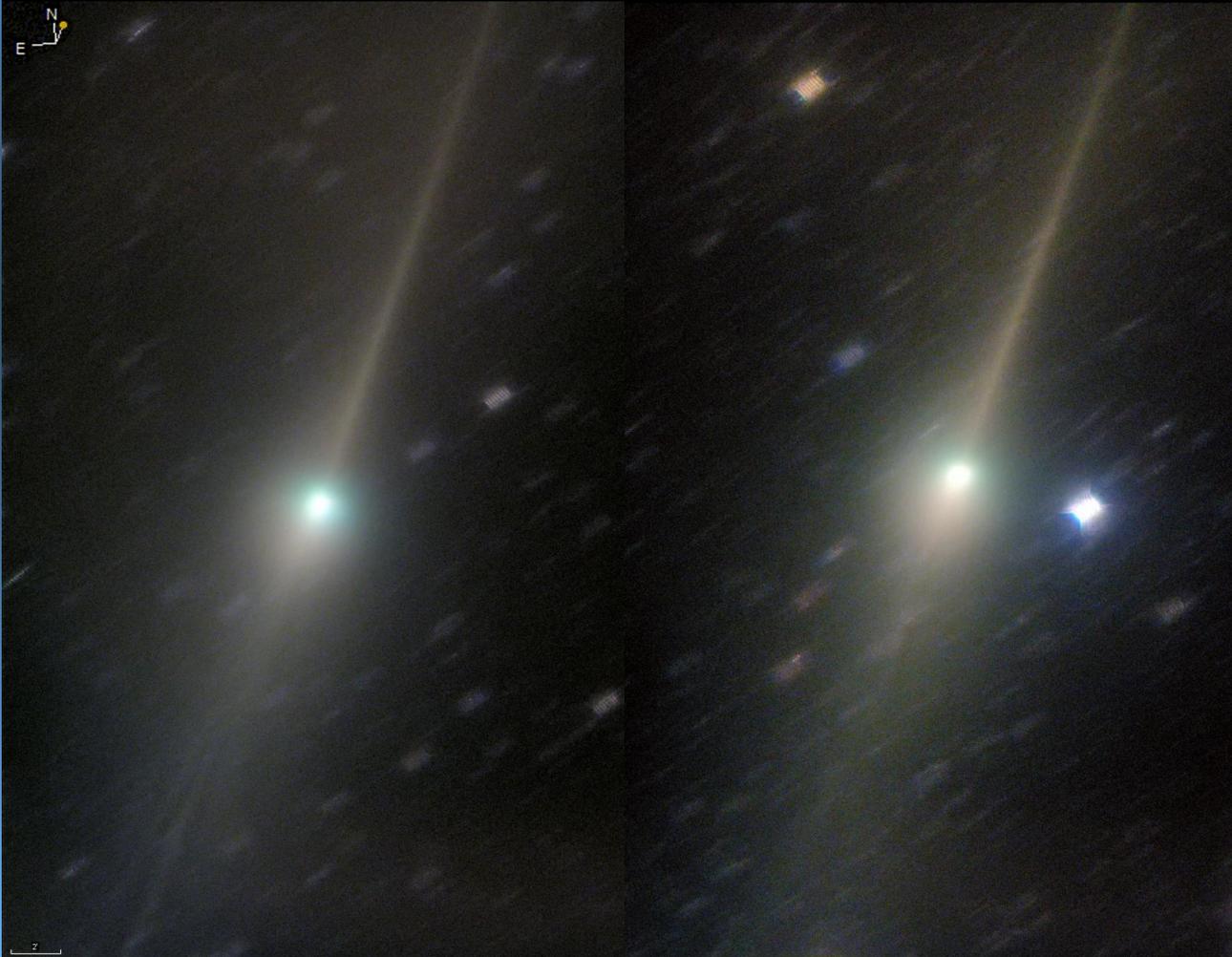




I RIVELATORI DIGITALI

12P - PONS - BROOKS - 2024 - 05 - 06 - JUNE
LRVB - 6-6-6-6 Minutes - 41x25 arc minute - NECK LINE STRUCTURES

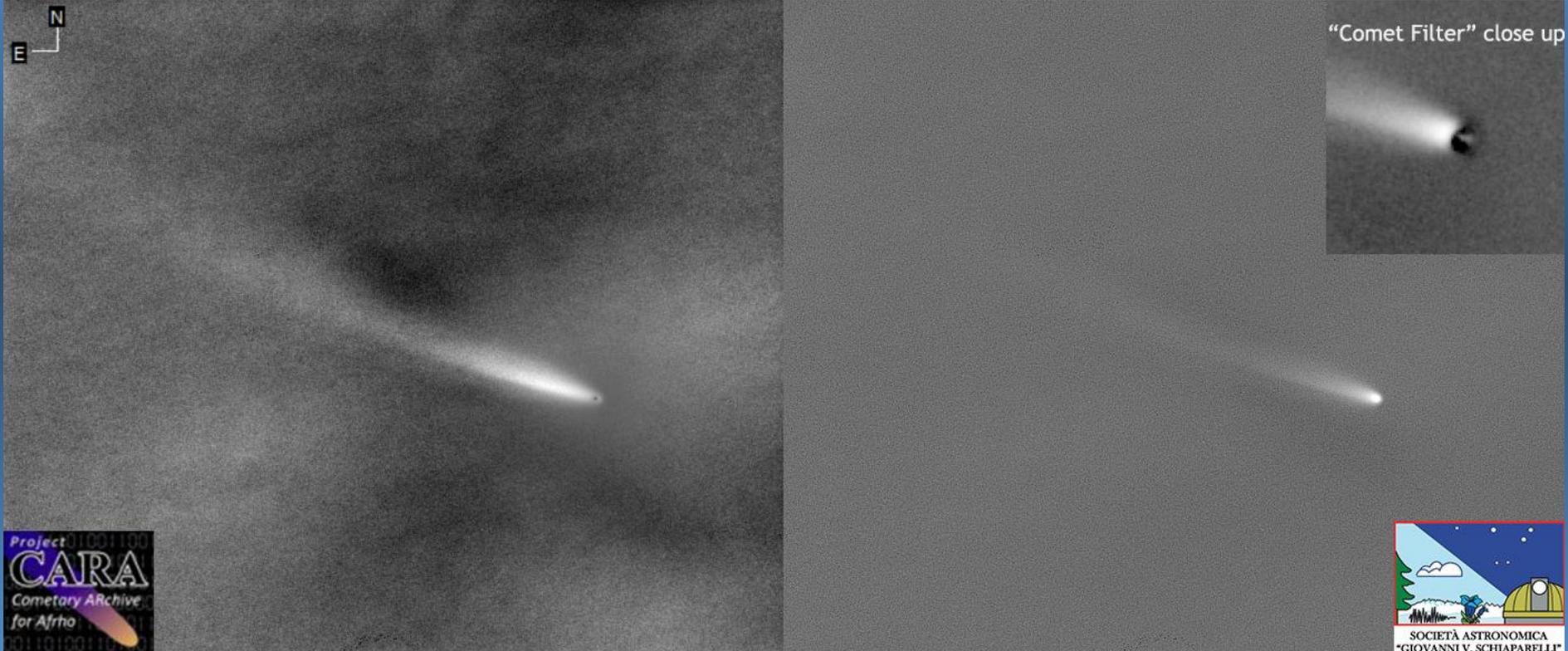
0.36-m f/8.4 Ritchey-Chretien "Ferrante Telescope"
Schiaparelli Southern Observatory,
Aletti A. - Bellini F. - Buzzi L. - Galli G.
Hakos - Namibia - SkyGems Remote Observatories





I RIVELATORI DIGITALI

Comet C2024 G3 ATLAS - 20250115 - 13.35UT - 647nm FILTER - ST10XME - SCH-NEW 8" F4 -1.73" scale
20,2' x 17.3' Image Size Cad. (15' Tail length max)



ANDREA ALETTI - MPC204



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

E

BUONA OSSERVAZIONE

Aletti Andrea