



Laurea triennale in Fisica
a.a. 2010 - 2011

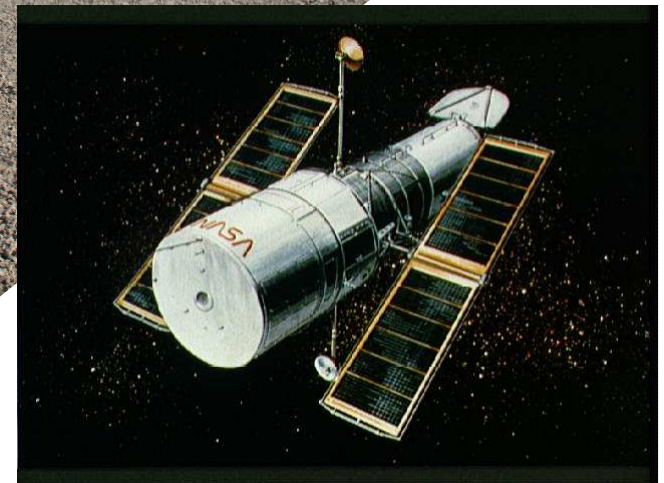
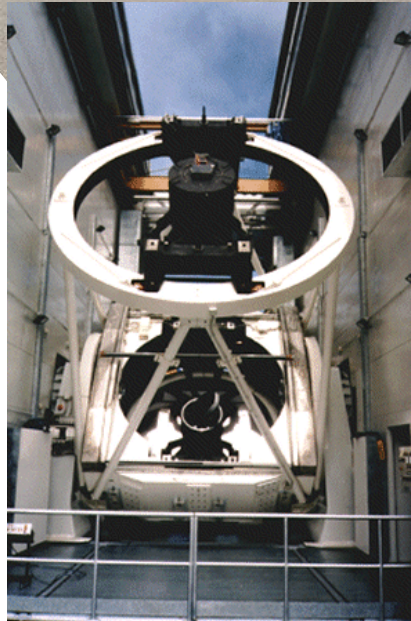
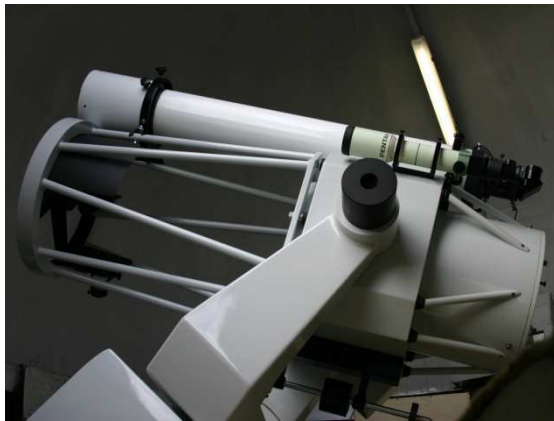
CORSO DI ASTRONOMIA

LEZIONE 7_1 – 18 aprile 2011

Prof. Angelo Angeletti

Il telescopio

dal greco **TÊLE** (*lontano*) + **SKÓPIOS** (*guardare*)
= strumento per osservare oggetti lontani



Un po' di storia

L'uomo osserva il cielo con curiosità e stupore, ma anche con interesse “scientifico” da migliaia di anni; non si sa quando sia nata l'astronomia, probabilmente con l'uomo.

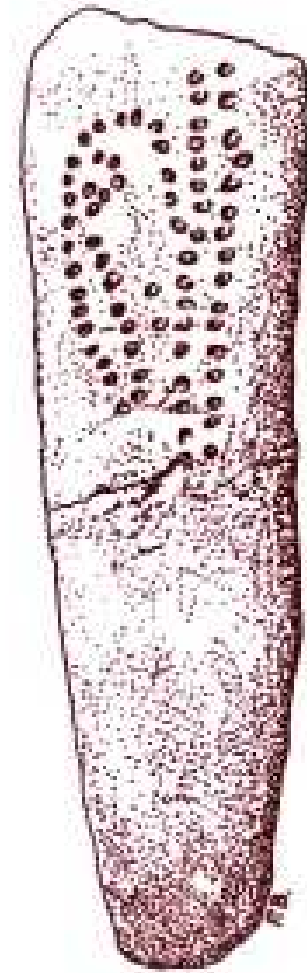
Di certo già qualche 30.000 anni fa qualcuno si prendeva la briga di annotare su un osso le fasi lunari, circa 5000 anni fa in Europa si costruivano osservatori, o in Cina quattromila anni fa venivano incisi su gusci di tartaruga segni celesti.



Un guscio di tartaruga risalente alla dinastia Shang (1600 a.C. – 1046 a.C.)



Una veduta del monumento megalitico di Stonehenge



L'“Osso di Blanchard”, proviene da Abri Blanchard, in Francia, riporta 69 incisioni fatte probabilmente da un uomo di Cro-Magnon circa 30.000 anni fa.

Un po' di storia

Plinio il Vecchio, nel I secolo dopo Cristo, nella sua *Storia Naturale*, dice che i Fenici scoprirono accidentalmente il vetro. Narra infatti che alcuni mercanti approdati sulle rive del fiume Belos in Palestina non trovando una pietra su cui appoggiare il cibo per scaldarlo al fuoco usarono blocchi di salnitro che avevano nel carico della nave; il salnitro esposto al calore del fuoco si sciolse sulla sabbia ricca di quarzo della riva e generò rivoli di un liquido sconosciuto che si solidificò in bolle trasparenti; il vetro appunto.

I Greci (Euclide, Archimede, Tolomeo) studiarono la rifrazione delle immagini attraverso aria e liquidi; scoprirono così che bolle di liquido potevano ingrandire l'immagine di oggetti cui fossero applicate.

Si dice che nel porto di Alessandria, su una torre alta 100 m, usassero degli specchi sferici per osservare immagini ingrandite delle navi in avvicinamento per guidarle con la luce concentrata di grandi fuochi.

Questi stessi specchi avevano anche la funzione di specchi ustori, come appunto furono utilizzati da Archimede nell'assedio di Siracusa, secondo una tradizione riportata da Galeno.

Un po' di storia

Ruggero Bacone nel XIII secolo riporta nell'*Opus Maius*:
“Se le lettere di un libro o qualche oggetto minuto sono visti attraverso un segmento di una sfera di vetro o cristallo che su di essi sia appoggiato, essi saranno visti meglio e ingranditi [...] possiamo dare forma a segmenti di sfere trasparenti e disporli rispetto all'occhio e all'oggetto da osservare in modo che i raggi siano rifratti e deviati come si scelga; [...] e possiamo leggere piccolissime lettere da incredibili distanze [...] il Sole e la Luna e le stelle possono essere fatti apparire discendere verso di noi [...].

Probabilmente le prime lenti furono costruite a Venezia , ma l'arte della loro costruzione fu divulgata a Firenze verso la fine del XIII secolo.



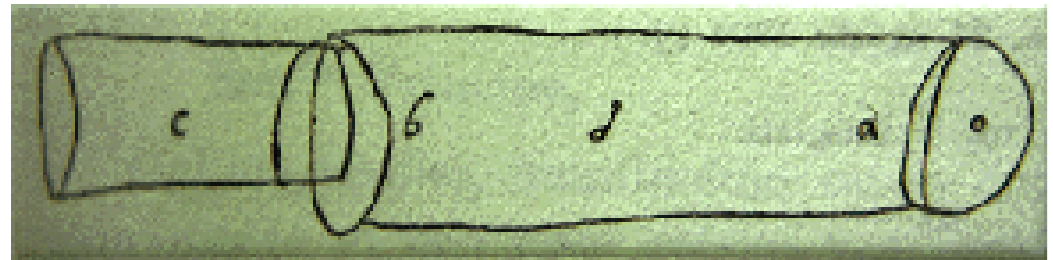
Dettaglio del ritratto di Ugone di Provenza, dipinto da Tommaso da Modena nel 1352. E' la prima volta che vengono rappresentati gli occhiali.

Un po' di storia

Nei manoscritti di Leonardo da Vinci si legge: «Fa occhiali da vedere la luna grande»

Gerolamo Fracastoro (1478–1553) nel suo *Homocentricorum* parla di accoppiamenti di lenti.

Gian Battista della Porta (1535–1615) nel suo *Magia Naturalis* (1558) specifica che le lenti devono essere l'una concava e l'altra convessa, e secondo tali indicazioni erano stati costruiti cannocchiali verso la fine del 1500.



La più antica illustrazione di un telescopio che si conosca è di Giovanbattista della Porta, la inserì in una lettera che scrisse nell'agosto 1609.

Il telescopio

Il 25 settembre 1608 venne presentata una richiesta di brevetto agli Stati Generali d'Olanda da parte di Hans Lippershey, nato a Wesel e abitante a Middleburg.

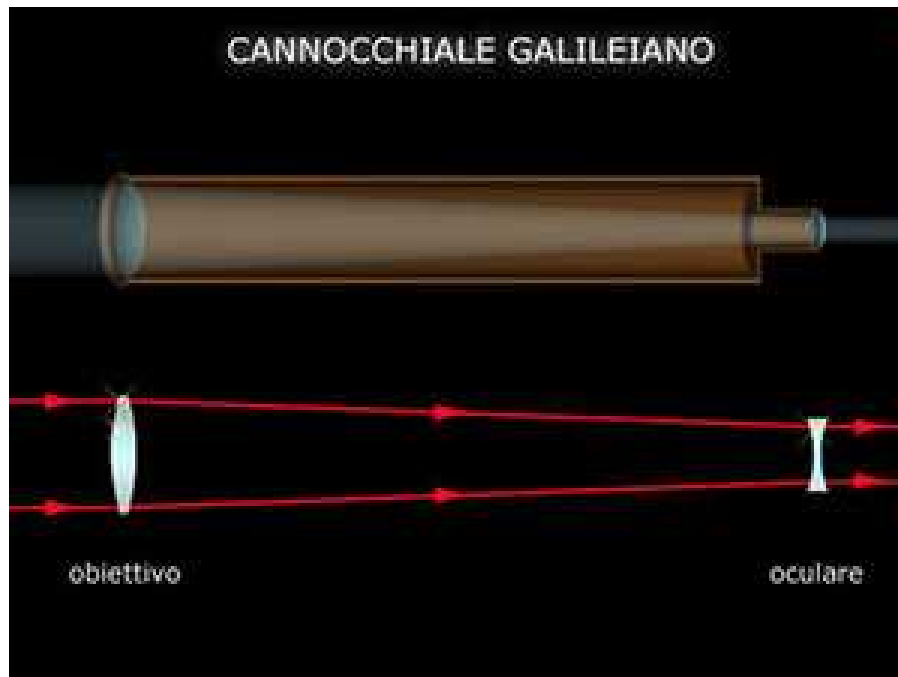
“[...] inventore di uno strumento per vedere a distanza, come verificato da questi Stati, che detto strumento venga mantenuto riservato e che a lui venga garantito il privilegio di esclusiva per trent'anni affinché a nessuno venga permesso di imitarlo, o che invece gli venga garantita una pensione annua che gli permetta di costruire tali strumenti per l'uso di questo paese soltanto, senza venderlo a re o principi stranieri. È stato deciso che l'Assemblea nomini un comitato che prenda contatto con il richiedente circa la detta invenzione, investigando se non gli sia possibile migliorare lo strumento rendendo possibile il suo uso con i due occhi insieme, ed inoltre quale sia la cifra di remunerazione che sarebbe di suo gradimento. A seguito di un rapporto su tali questioni, sarà deliberato se sia opportuno garantire al richiedente una remunerazione o un privilegio. “



Galileo

Nella primavera del 1609 Galileo Galilei viene a conoscenza di un nuovo strumento costruito in Olanda e ne ottiene un esemplare.

Apporta significativi miglioramenti allo strumento e contribuirà in modo determinante alla rivoluzione scientifica del 1600.



*Obiettivo del cannocchiale con il quale Galileo scoprì i satelliti di Giove
(Firenze, Museo Galileo)*

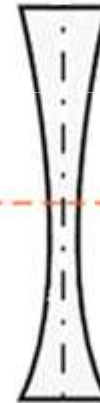
Diametro obiettivo (mm)	15,0
Diametro oculare (mm)	15,0
Distanza focale obiettivo (mm)	980
Distanza focale oculare (mm)	-47,5
Ingrandimenti	20,6
Magnitudine limite visuale teorica	7,7

Il telescopio

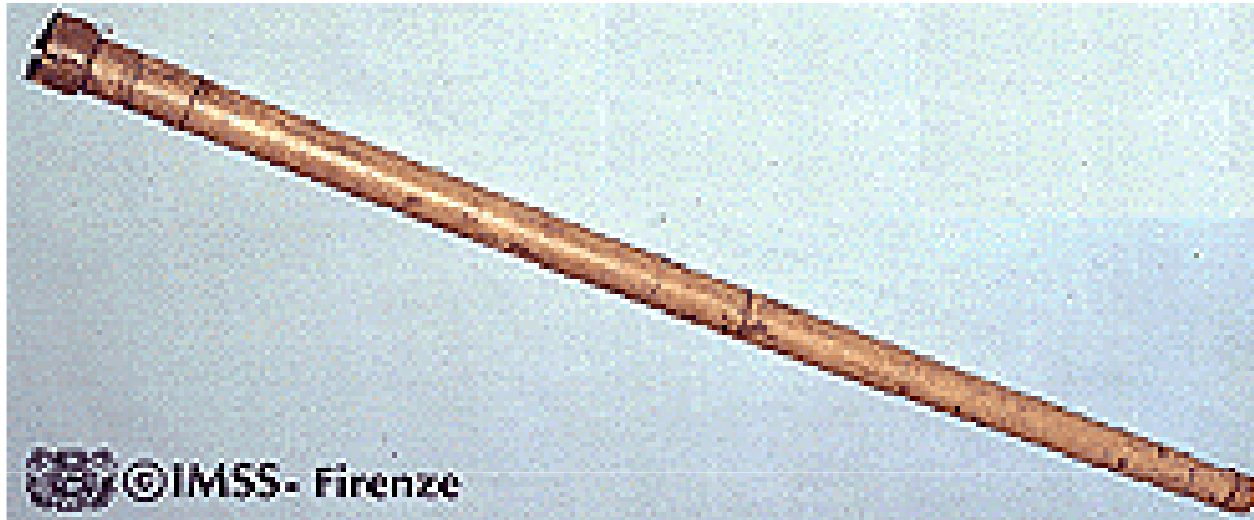
Lente obbiettiva
convergente



Lente oculare
divergente



Galileo



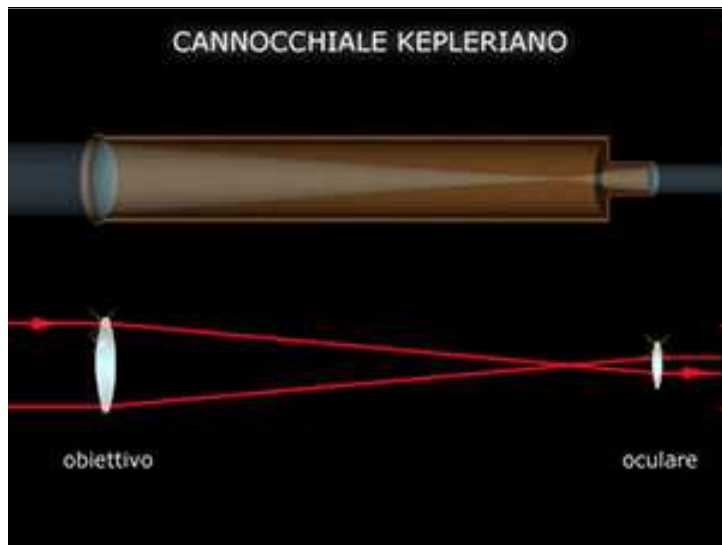
Il tubo di legno ricoperto di carta, contiene una lente obbiettivo biconvessa e un oculare piano concavo. Ha capacità di ingrandimento di 14 volte. La lente obbiettivo di questo cannocchiale ha distanza focale di 1330mm e apertura utile di 26mm.

Il tubo di legno è ricoperto di pelle rossa con fregi in oro. L'obbiettivo è biconvesso e l'oculare biconcavo. Ha capacità di ingrandimento di 21 volte. La lente obbiettivo ha apertura utile di 16mm e distanza focale di 980mm.



Keplero

Nella primavera del 1611 Keplero pubblica il *Dioptrice*, dove descrive il suo modello di telescopio.



Keplero

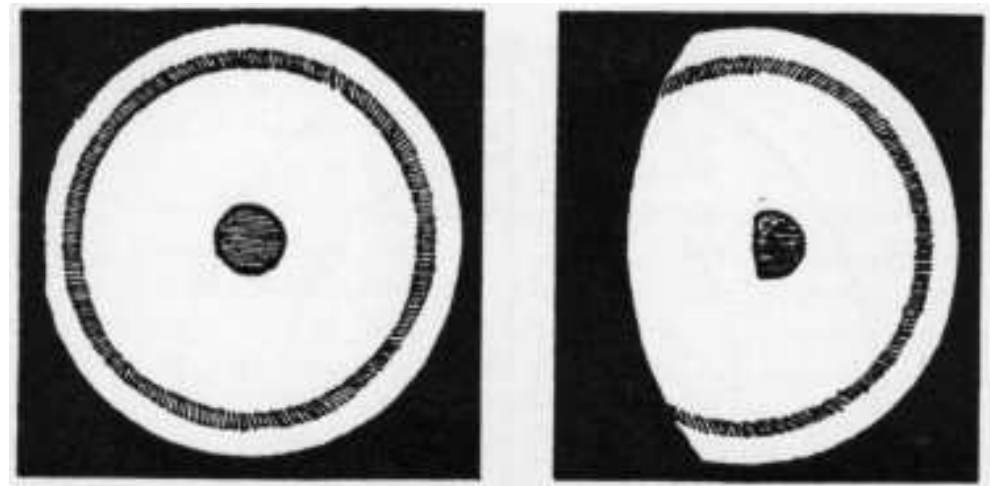
Tra i primi a far uso dello schema kepleriano ci sono il gesuita Christopher Scheiner nel 1623 e in seguito, nel 1629, anche il napoletano Francesco Fontana.



Padre Scheiner



Francesco Fontana



Primo disegno di Marte effettuato da Francesco Fontana

Il telescopio

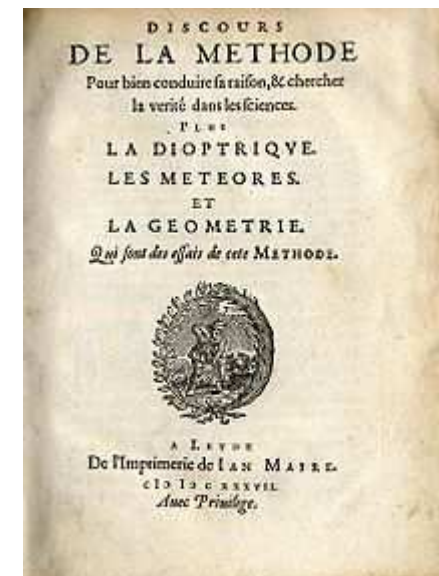
Dopo Galileo il principale contributo al perfezionamento delle lenti si ebbe nel 1637 con la pubblicazione del *Dioptrique* da parte di Cartesio.

Le imperfezioni delle lenti (aberrazioni cromatica e sferica) sono legate alla differenza di spessore dovuta alla curvatura.

Allungando la focale della lente si riducono entrambi.

Cartesio propose diversi progetti per completamente esenti da aberrazioni sferiche, ma non erano, all'epoca, tecnologicamente realizzabili.

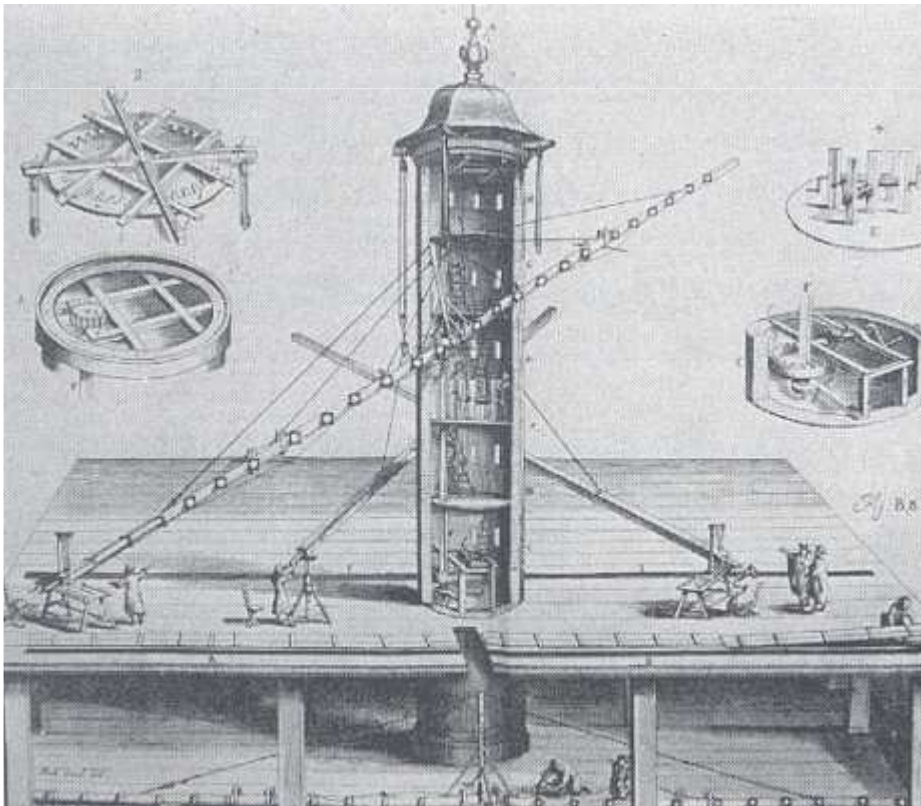
Bisognerà aspettare circa un secolo.



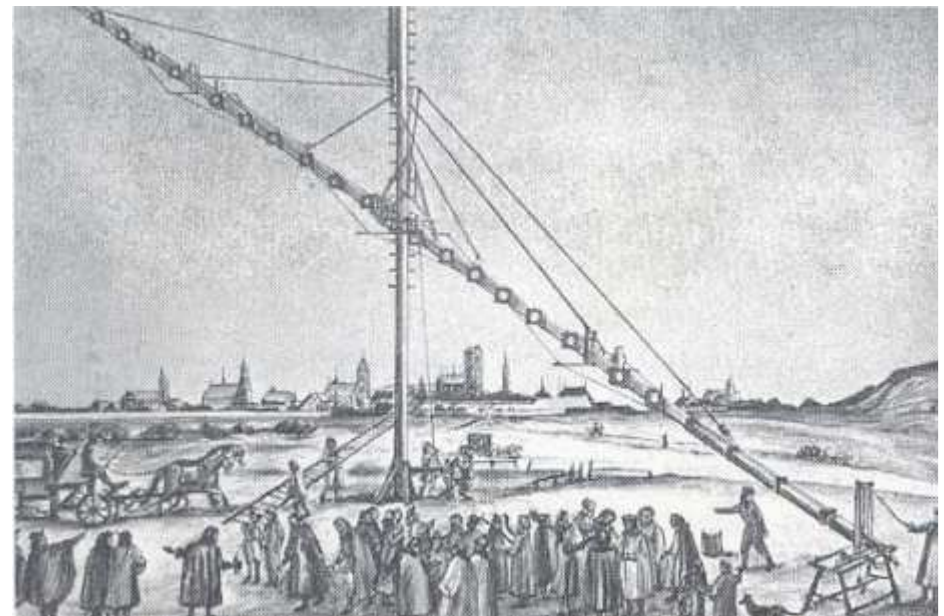
Il telescopio

Hevelius (1611 – 1687) costruisce un telescopio con un obiettivo a due lenti (l'idea è però di De Rheita (1597 – 1660)) e i suoi telescopi, visti i risultati che ottiene, sono senz'altro migliori dei precedenti.

Generalmente utilizzò strumenti di 5 cm di diametro e di 2 m di lunghezza focale, ma ne costruì di 10 e 20 m arrivando fino a 50 m di focale.



I cannocchiali di Hevelius, in basso quello da 50 m.



Il telescopio



Mappa della Luna disegnata da Hevelius tra il 1643 e il 1644

Huygens

Negli anni tra il 1650 e il 1660 i migliore telescopi furono costruiti da Christian Huygens (1629 – 1695) .

Con un telescopio di 7 m di focale e 6 cm di apertura scoprì la natura gli anelli di Saturno .

Con lo stesso strumento che consentiva fino a 100 ingrandimenti, misurò anche la rotazione di Marte.

Insieme al fratello costruivano telescopi utilizzando la regola della radice quadrata della focale:

$$\frac{d}{d_0} = \sqrt{\frac{f}{f_0}}$$

Se con una focale di 2 m usavano un diametro di 3 cm, con una focale di 8m utilizzavano un obiettivo da 6 cm.

Riuscirono a realizzare lenti fino a 68m di focale (diametro di 22 cm).

Eustachio Divini

Nato a San Severino Marche (MC) il (4.10.1610 – 22.2.1685) si trasferì a Roma dove studiò con Benedetto Castelli (discepolo di Galileo) e divenne amico di Evangelista Torricelli. Divenne famoso come costruttore di orologi e di lenti. I suoi telescopi erano concorrenziali con quelli di Huygens.



Cannocchiale ottagonale 1664
Legno, cartone, carta fiorentina
Lunghezza 2980 mm

Giuseppe Campani

Nato a Castel San Felice (in Umbria, presso Spoleto) nel 1635 si trasferì a Roma dove divenne famoso per aver costruito, con i fratelli un orologio silenzioso che fu regalato al papa Alessandro VII. Successivamente si dedicò a tempo pieno alla costruzione di lenti, e per circa 50 anni costruì telescopi e lenti per persone e istituzioni importanti, fra cui l'Osservatorio Reale di Parigi, diretto a quell'epoca da Cassini.

Inventò, tra l'altro, della prima smerigliatrice e lucidatrice per lenti.

Morì a Roma il 28 luglio 1715.

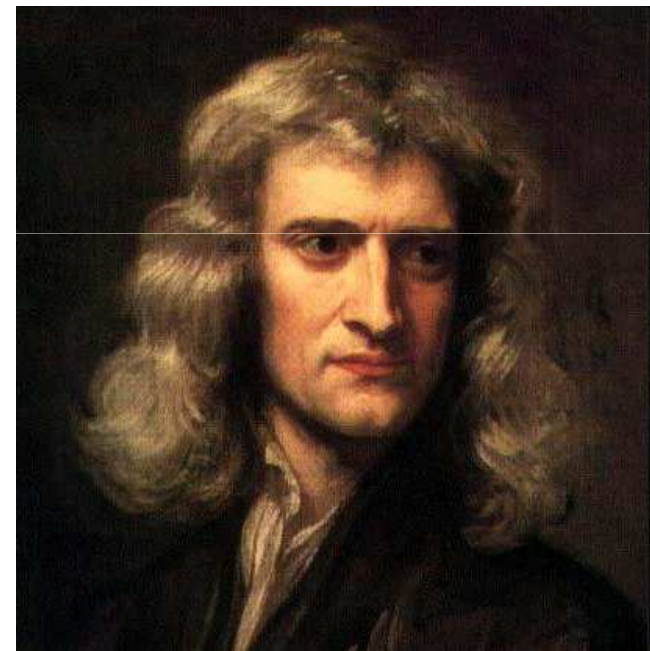
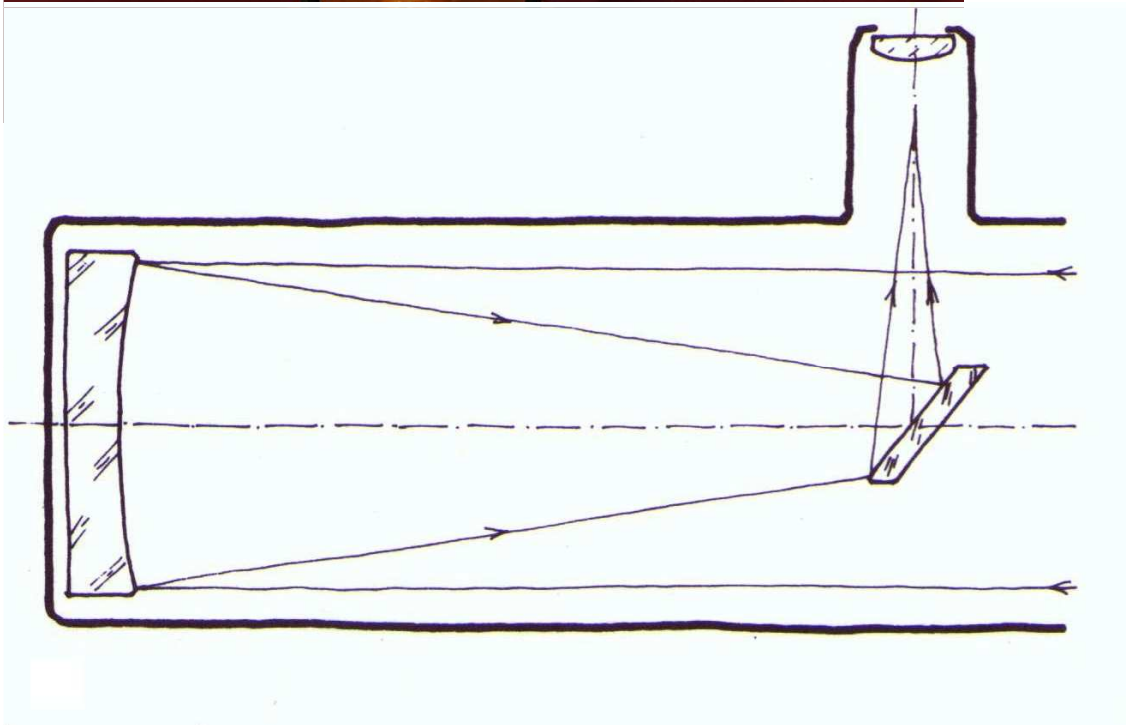


Cannocchiale c. 1664
Cartone, pelle
Lunghezza 2250 mm

Telescopio newtoniano

Costruito nel 1668, fu presentato alla riunione dell'11 gennaio 1672 della Royal Society riscuotendo un enorme successo.

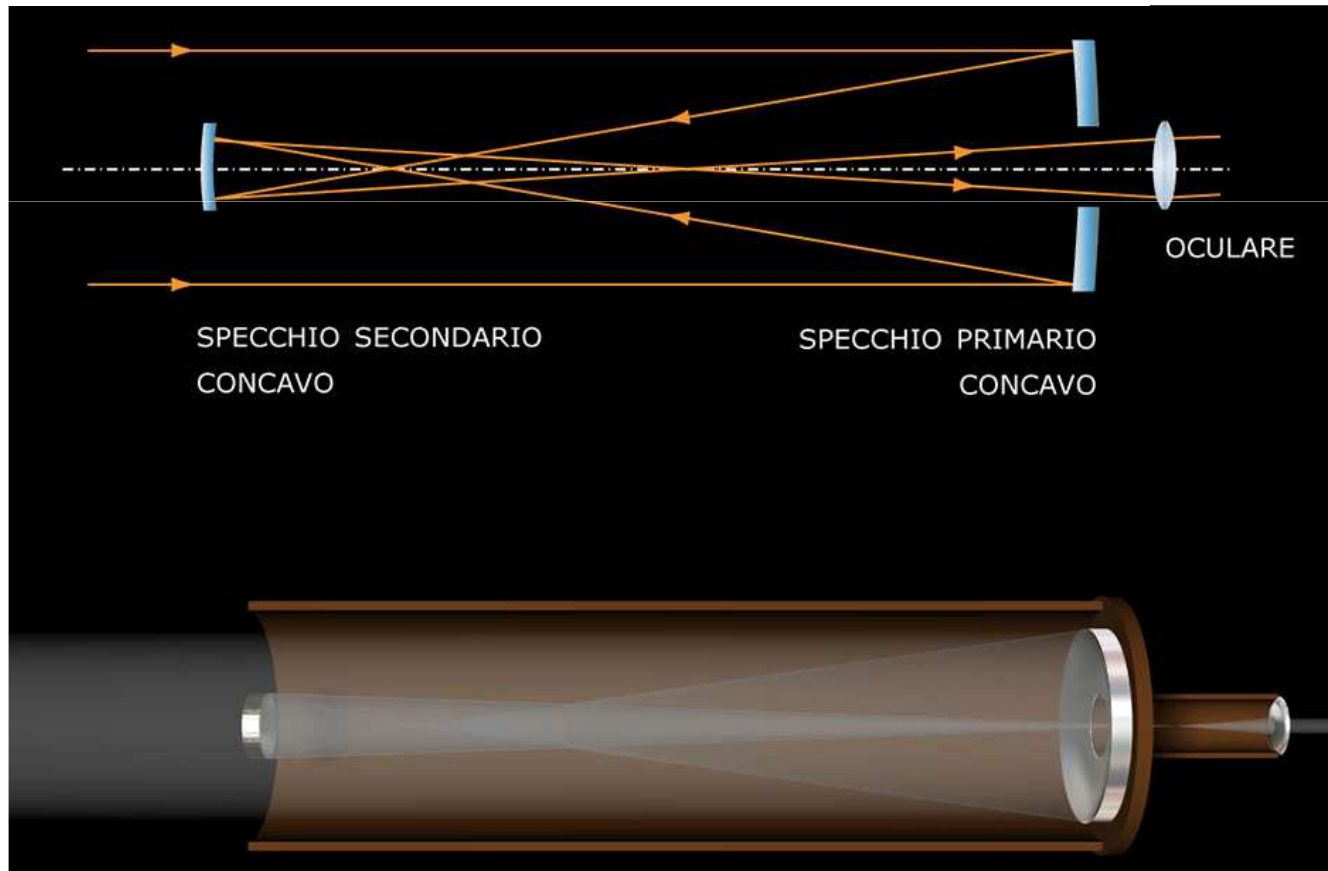
$d = 37 \text{ mm}$; $f = 16 \text{ cm}$



Telescopio gregoriano

Proposto da James Gregory (1639 – 1675) nel 1663 doveva avere entrambi gli specchi concavi: il primario parabolico e il secondario ellittico.

Non realizzò mai il suo telescopio.

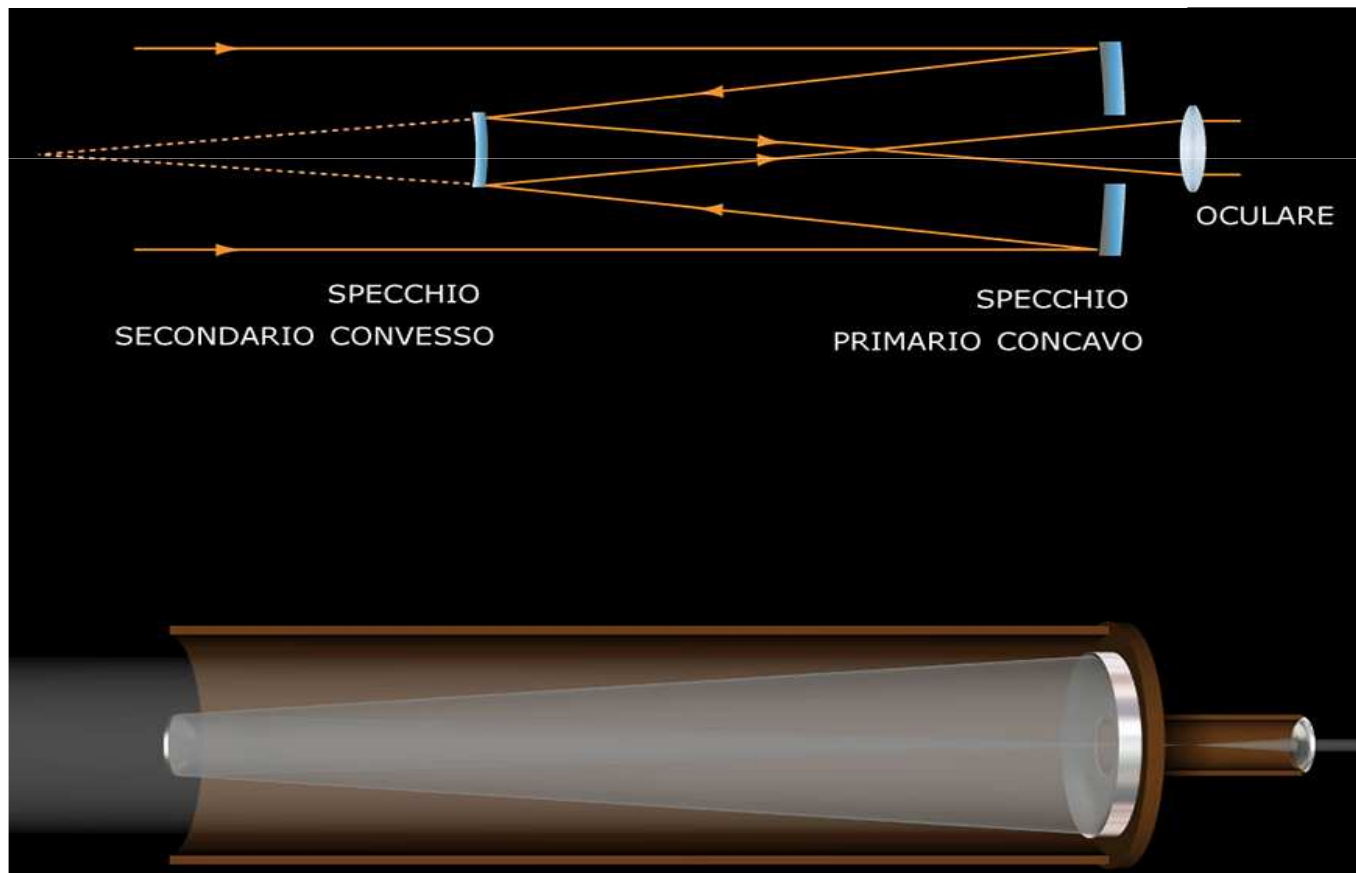


Telescopio gregoriano costruito da John Dollond (1706 – 1761) e conservato al Museo della Storia dell'Università di Pavia

Il telescopio Cassegrain

Attribuito al prete cattolico francese Laurent Cassegrain (1629–1693) dopo l'apparizione di disegni da lui fatti sul *Journal des sçavans* il 25 aprile 1672.

E' un riflettore con un primario concavo e il secondario convesso.



Disegni simili furono pubblicati nel 1632 da Bonaventura Cavalieri e da Marin Mersenne nel 1636.

Risulta che lo stesso Gregory, nel 1662 fece esperimenti con secondari convessi

Il telescopio

Il riflettore però non ebbe grande successo in quanto la tecnologia per la costruzione degli specchi non era molto sviluppata.

Newton utilizzò metallo di campana reso lucido da una soluzione di arsenico.

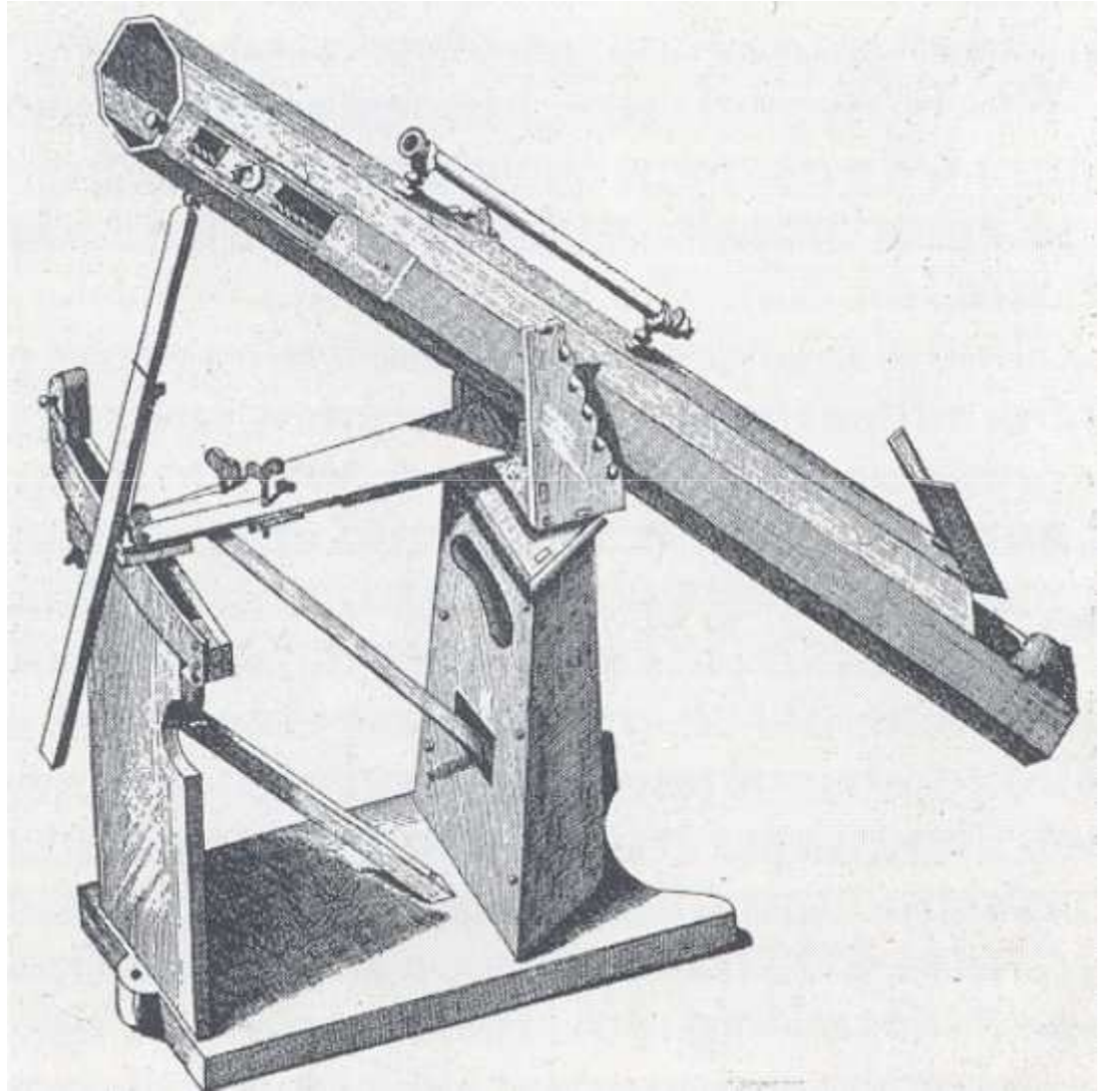
Tentativi contemporanei con una lega di rame e arsenico non ebbero risultati migliori.

Solo in seguito, con lo “speculum” (SnCu_4), una lega composta al 68% di rame e al 32% di stagno, si ebbero risultati migliori.

Il telescopio di Hadley

Il primo riflettore in grado di competere con i rifrattori dell'epoca fu il telescopio di John Hadley (1682 – 1744) presentato alla Royal Society di Londra nel 1722.

La qualità dello specchio parabolico da 15 cm, in Speculum, con una focale di 1,6 m e la montatura altazimutale con moti micrometrici ne fecero il primo vero strumento di questo tipo tanto che in molti ritengono che il vero inventore dei telescopi riflettori si appunta Hadley.



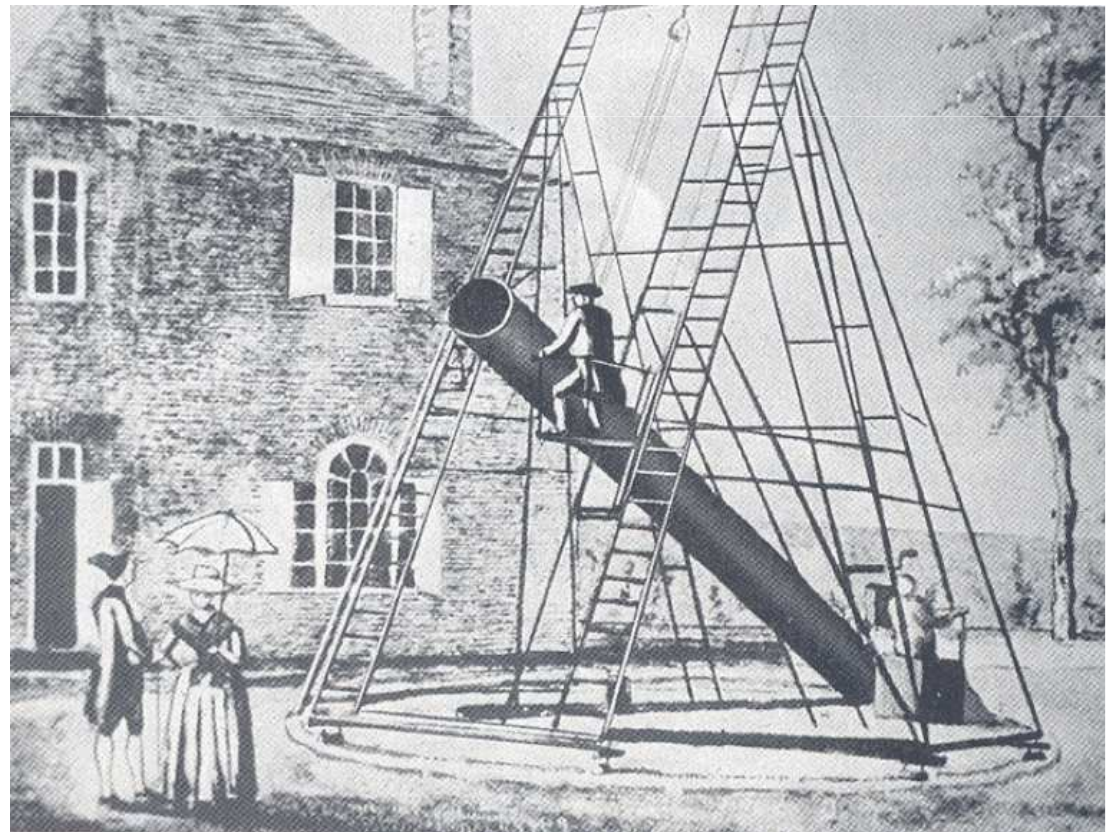
Il telescopio di Herschel

Un impulso ancora maggiore allo sviluppo dei riflettori si ebbe con William Herschel, lo scopritore di Urano nel 1781. Il suo telescopio da 16 cm di diametro e 2 m di focale fu messo a confronto con uno dei migliori dell'epoca (un telescopio di di Short di 24 cm) risultando nettamente migliore.



Nel 1782 completò con successo un 30 cm da 6,1 m di focale e nel 1788 un 46 cm con la stessa focale.

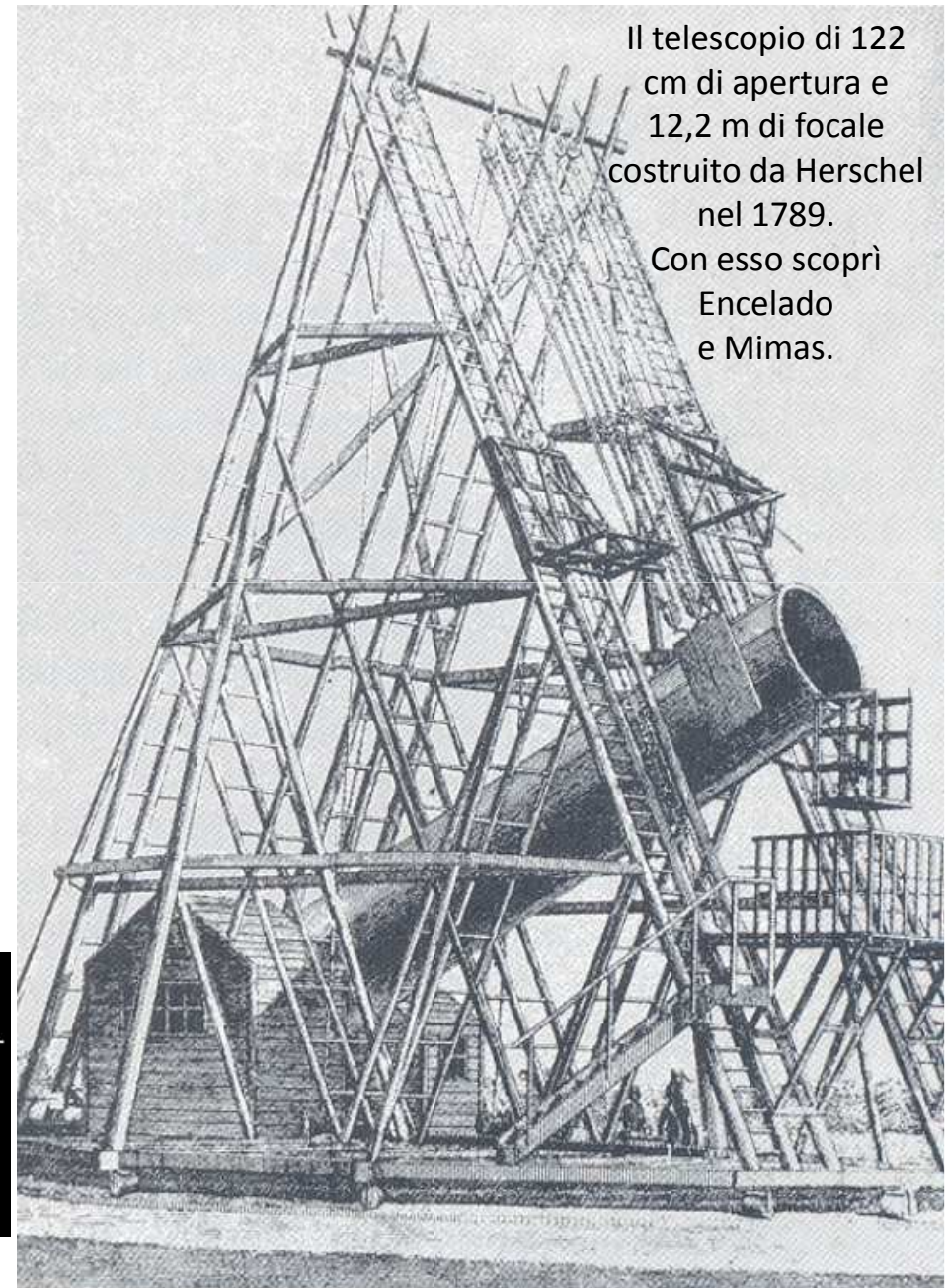
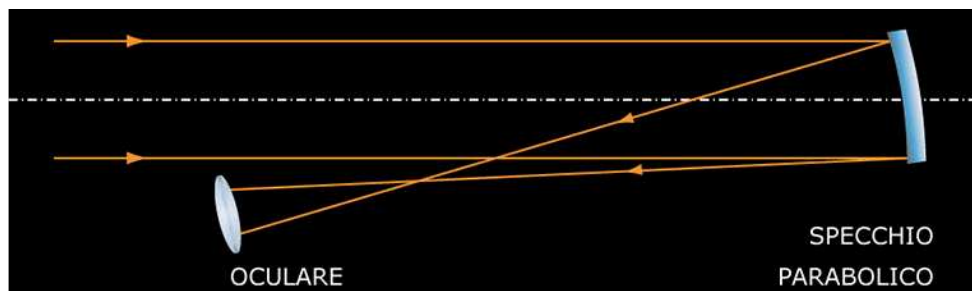
Tranne in un caso di gragoriano, costruì sempre newtoniani



Il telescopio di Herschel

Nonostante il miglioramento nella levigatura degli specchi, questi assorbivano ancora circa il 40% della luce e se si aggiunge l'ostruzione del secondario, ce comportava un altro 40% di perdita di luminosità, questi strumenti erano abbastanza bui.

Herschel inclinò lo specchio primario in modo che l'immagine si formasse dal bordo del tubo. Questa configurazione è nota come configurazione herscheliana.

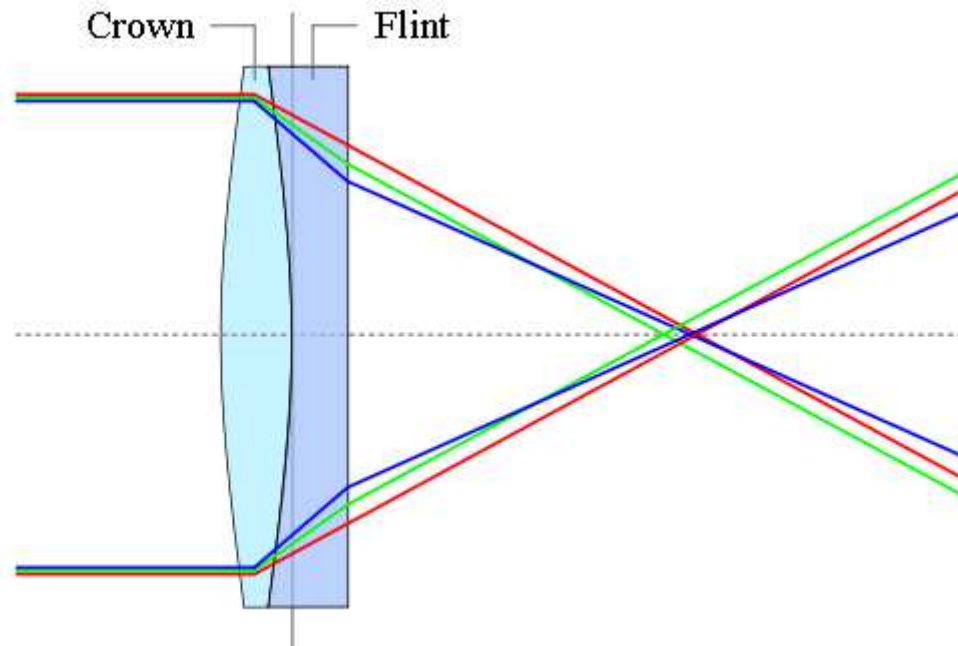


Il doppietto acromatico

Nello stesso secolo che vide i giganti di Herschel, anche i rifrattori ebbero un nuovo impulso.

Nel 1733 il londinese Chester Moor Hall (1703 – 1771) costruì il primo doppietto acromatico con una lente convergente di vetro crown e una divergente di vetro flint (verso l'oculare).

Le lenti tipiche erano di 5 cm di diametro e 50 cm di focale.



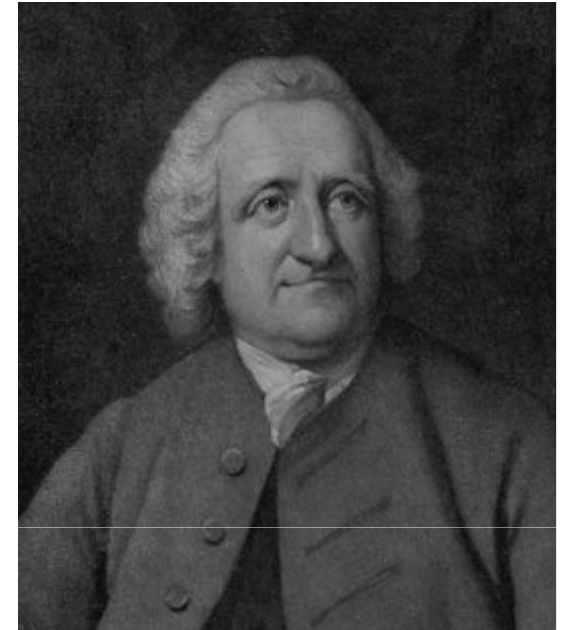
Il doppietto acromatico

Un notevole miglioramento si ebbe solo nel 1758 con John Dollond (1706 – 1761) che brevettò il modello e per diversi anni si credette che fosse stato lui l'inventore.

I suoi primi obiettivi erano di 1,5 m di focale e aperture di 6-7 cm.

Ma le prestazioni non erano ancora eccezionali.

I problemi maggiori erano legati alla lente convessa in flint, vetro difficile da reperire e da fondere in modo che fosse adeguatamente omogeneo.



Comunque i doppietti dell'epoca offrivano ottime prestazioni rispetto agli obiettivi a singola lente. Il francese Lalande riteneva che un obiettivo acromatico da 76 mm e 2,37 m di focale offriva prestazioni migliori di una lente semplice di Campani da 10,85 m di focale.

La difficoltà di avere grosse fusioni di vetro flint, all'inizio del 1800, faceva ritenere un obiettivo di 15 cm di diametro, “grande”.

Guinand e Fraunhofer

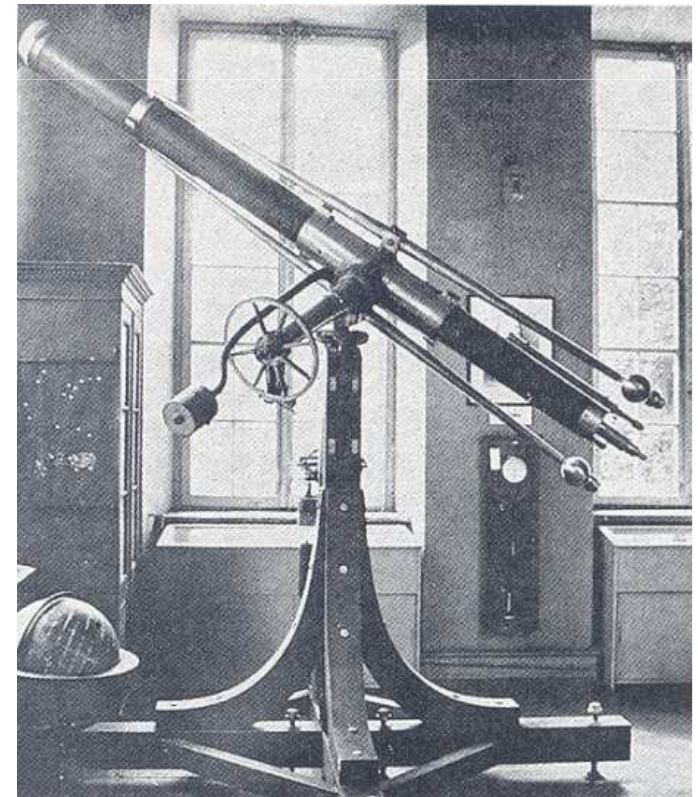


Un considerevole salto di qualità si ebbe agli inizi dell'800 quando Pierre Louis Guinand (1758 – 1824) e Joseph Fraunhofer (1787 – 1826) riuscirono ad ottenere la fusione regolare di grossi dischi di vetro flint.

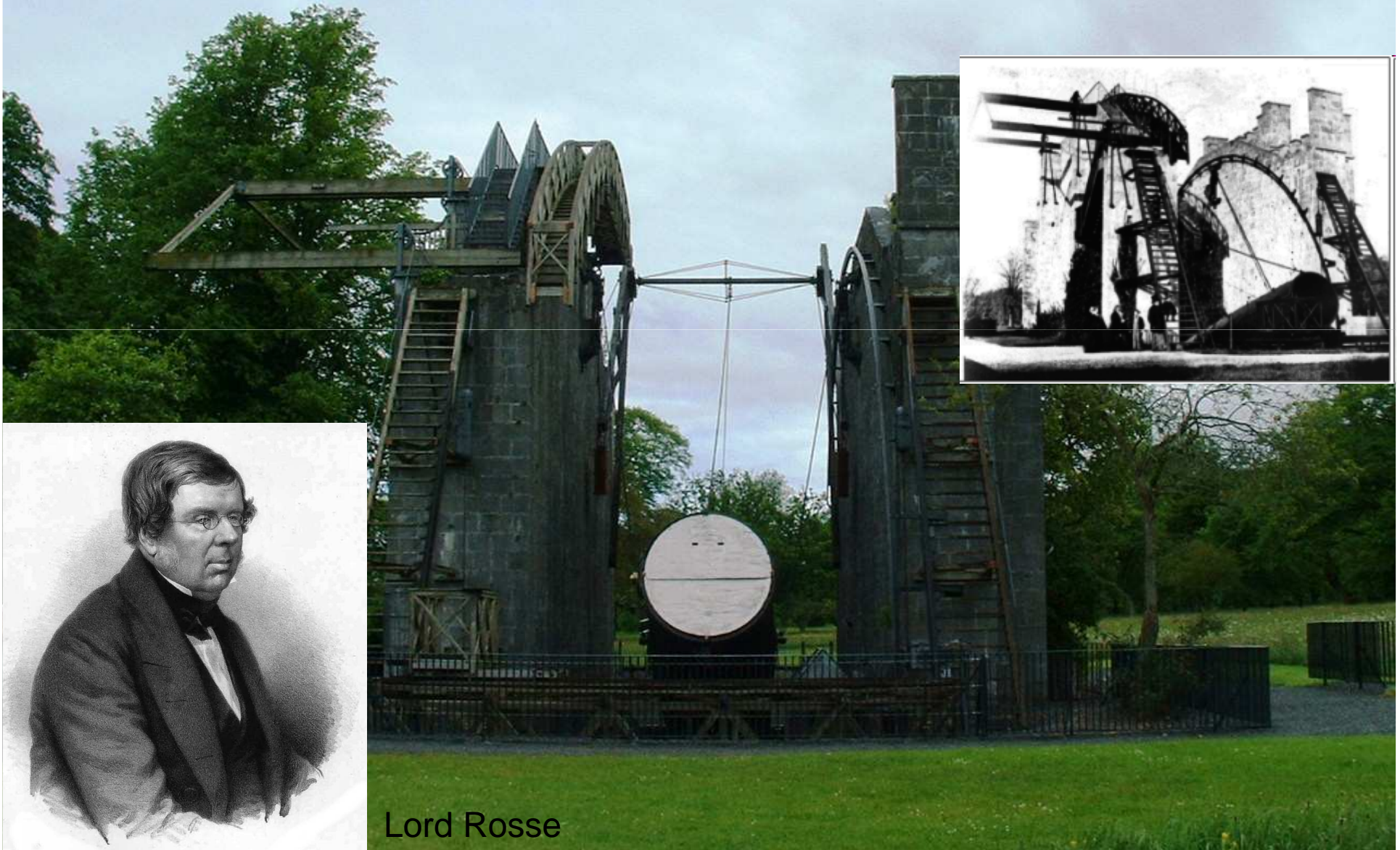


Il punto di riferimento per l'epoca è il rifrattore di Dorpat che Fraunhofer costruì nel 1824 per Wilhelm. Un acromatico da 24 cm di diametro e 4,3 m di focale.

Anche il telescopio con cui Galle nel 1831 riconobbe Nettuno era un 23 cm di Fraunhofer.

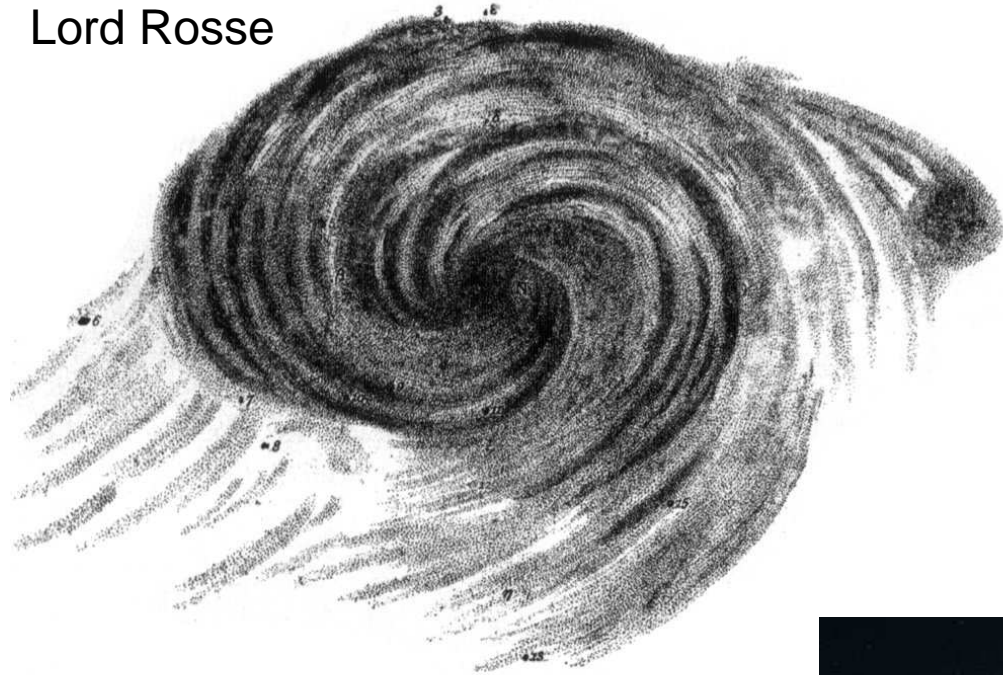


Nel 1840, a Birr nella contea di Offaly, Lord Rosse costruì il suo "Leviathan of Parsonstown", un telescopio da 182 centimetri di diametro, che fu per molti decenni il più grande telescopio del mondo.



Lord Rosse

Lord Rosse



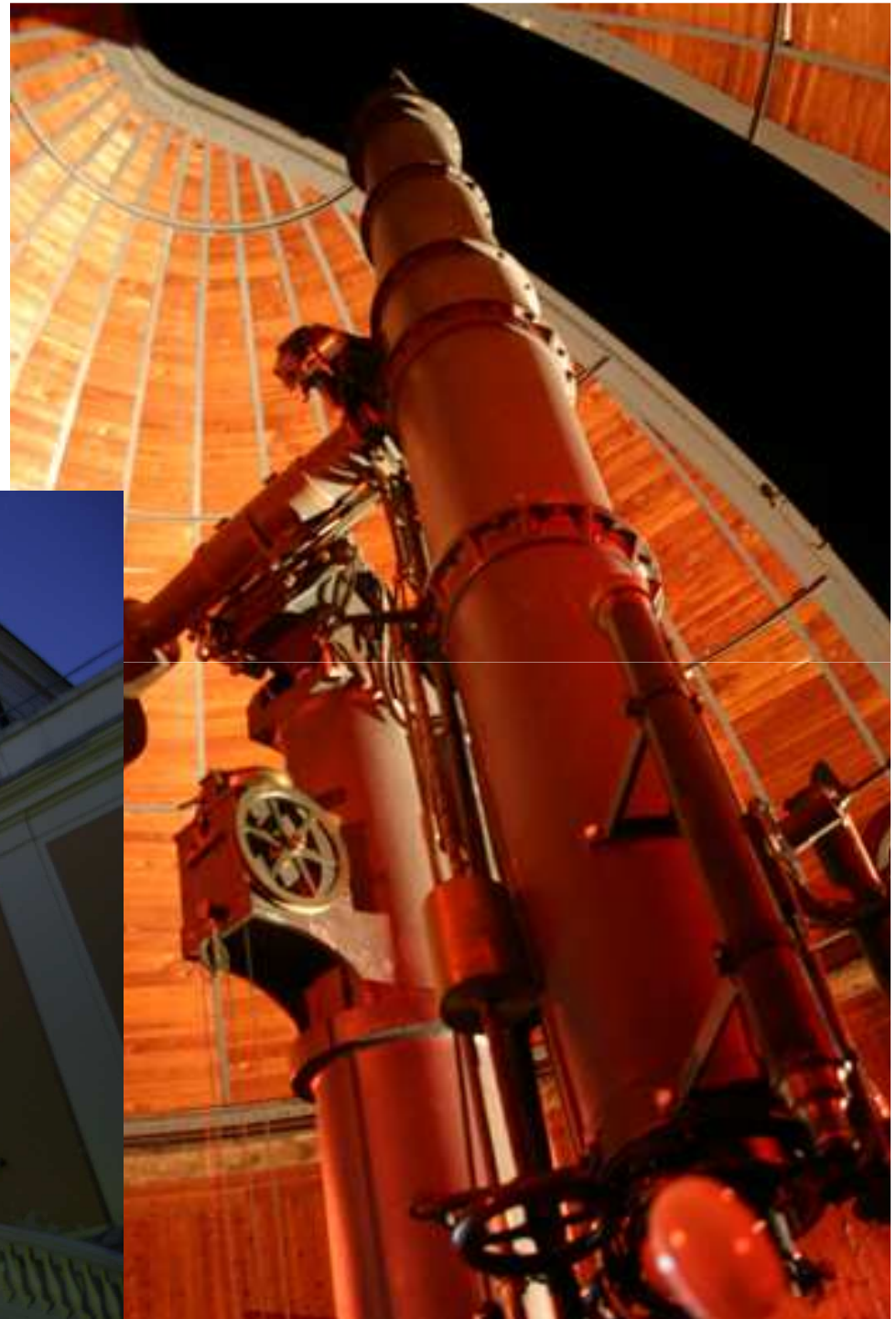
Lord Rosse eseguì pionieristici studi astronomici e scoprì la natura a spirale di alcuni oggetti nebulosi, che oggi sappiamo trattarsi di galassie a spirale.

La prima galassia a spirale che scoprì fu M51, ed i suoi disegni della galassia assomigliano molto alle fotografie moderne (oggi M51 è nota come Galassia vortice).



Hubble

Il telescopio Cooke dell'Osservatorio INAF di Collurania a Teramo. Fu con questo telescopio che Vincenzo Cerulli (1859-1927) capì che i cosiddetti "canali" di Marte, scoperti da Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910) nel 1877, erano illusioni ottiche dell'osservatore.



I record dell'800

I maggiori rifrattori del mondo dal XIX secolo

Anno	apertura utile cm	costruttore	località
1824	24	Fraunhofer	Dorpat (URSS)
1835	30	Cauchoix	Cambridge (Inghilterra)
1839	38	Merz & Mahler	Pulkovo (URSS)
1852*	60	Slater	Wandsworth (Inghilterra)
1862	47	Alvan Clark	Dearborn (USA)
1871	63,5	Cooke	Newcastle (Inghilterra)
1873	66	Alvan Clark	Washington (USA)
1878	68	Grubb	Vienna (Austria)
1885	76	Alvan Clark	Pulkovo (URSS)
1888	91	Alvan Clark	Mount Hamilton (USA)
1897	102	Alvan Clark	Williams Bay (USA)
1900	125	Gautier	Parigi (Francia)
(in Italia) 1886	49	Merz & Repsold	Milano

* Di cattiva qualità; smantellato sei anni dopo.