



Laurea triennale in Fisica  
a.a. 2010 - 2011

# CORSO DI ASTRONOMIA

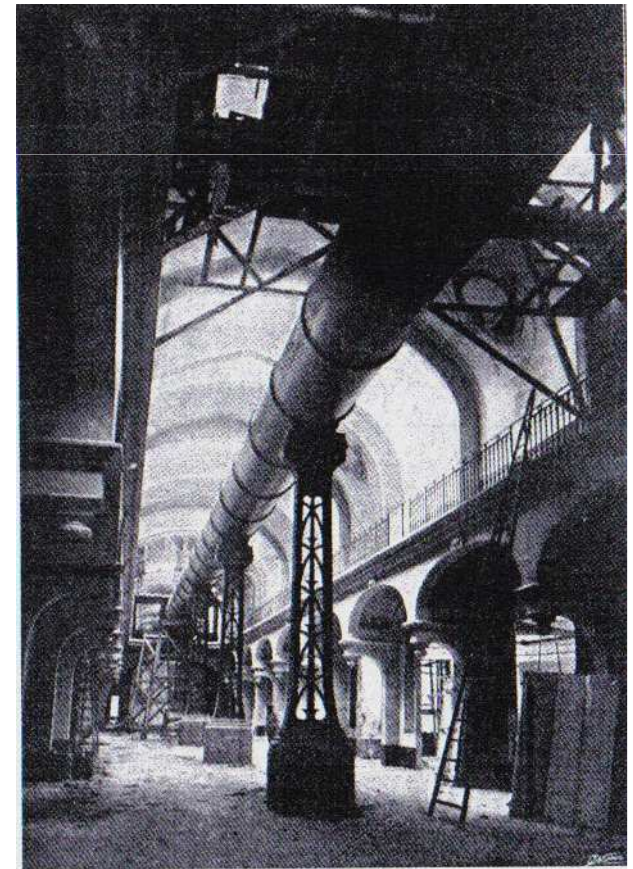
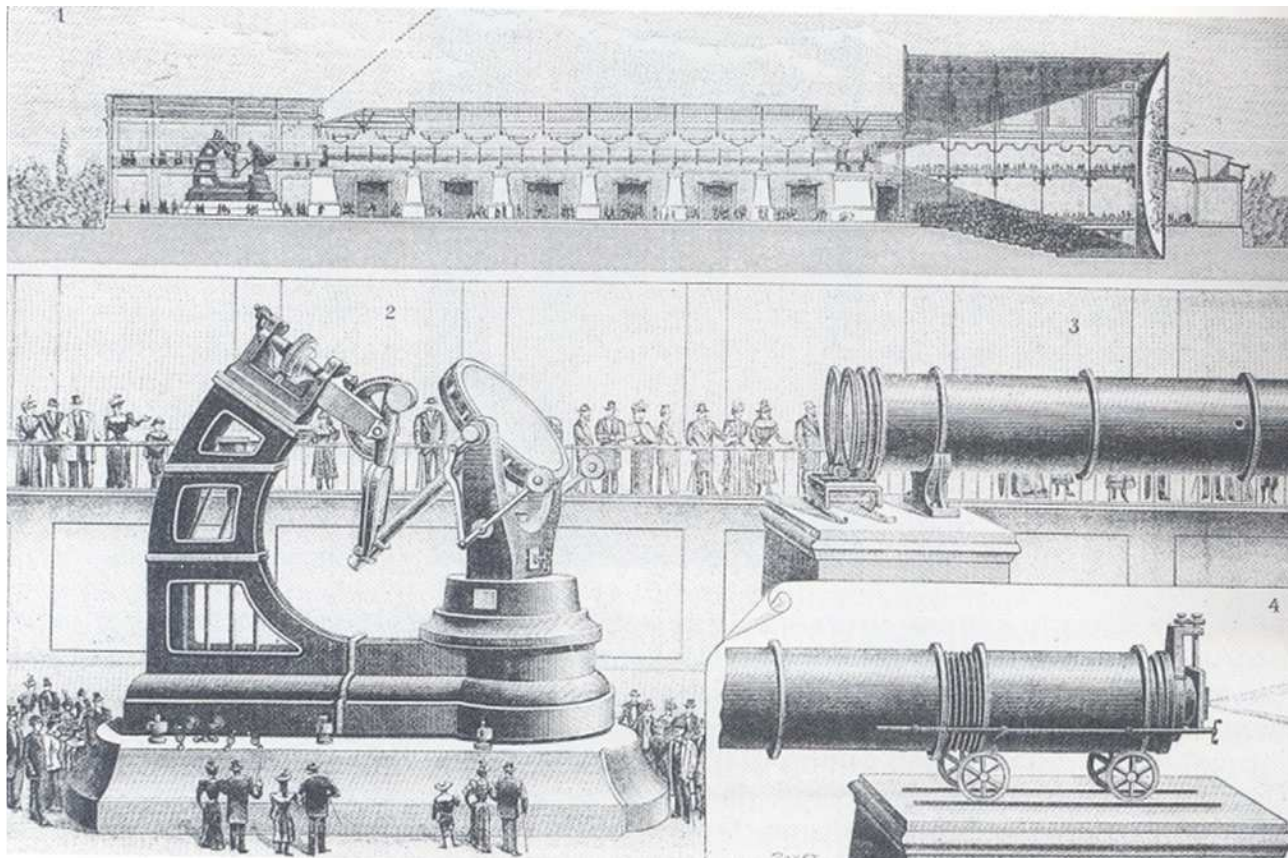
LEZIONE 8\_1 – 3 maggio 2011

Prof. Angelo Angeletti

# I telescopi del XX secolo

Il nuovo secolo si apre con la costruzione del più grande rifrattore mai realizzato.

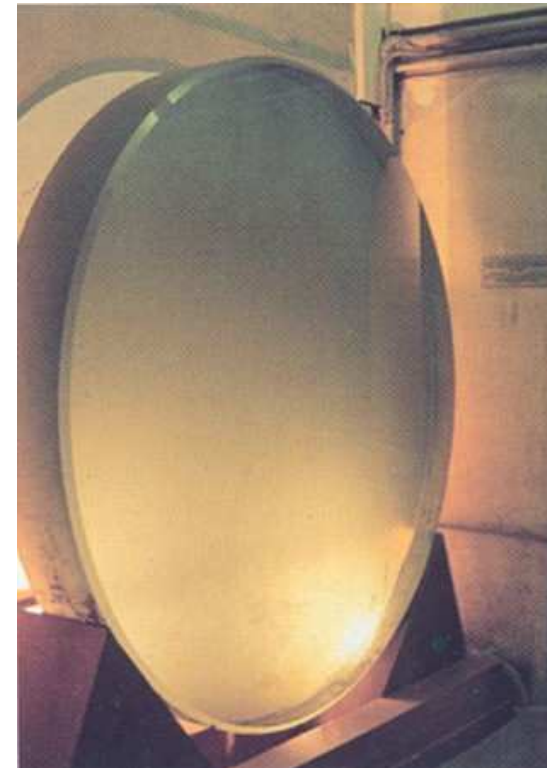
Costruito per la l'Esposizione Universale di Parigi del 1900 aveva un obiettivo di 1,25 m e focale di 57 m. Non era adatto per uso scientifico e terminata l'esposizione, i suoi costruttori non sono riusciti a venderlo a nessun osservatorio. È stato rottamato, ma le lenti sono ancora conservate all'Osservatorio di Parigi .



# I telescopi del XX secolo

A causa delle dimensioni il telescopio fu montato in posizione fissa orizzontale. La luce degli oggetti astronomici veniva inviata al tubo ottico attraverso un siderostato di Foucault: uno specchio piano mobile da 2 m di diametro, montato in un telaio in ghisa di grandi dimensioni, posto davanti all'obiettivo del cannocchiale.

L'oculare era montato su rotaie, per la messa a fuoco.  
L'ingrandimento minimo era di 500 x con un campo di 3'.

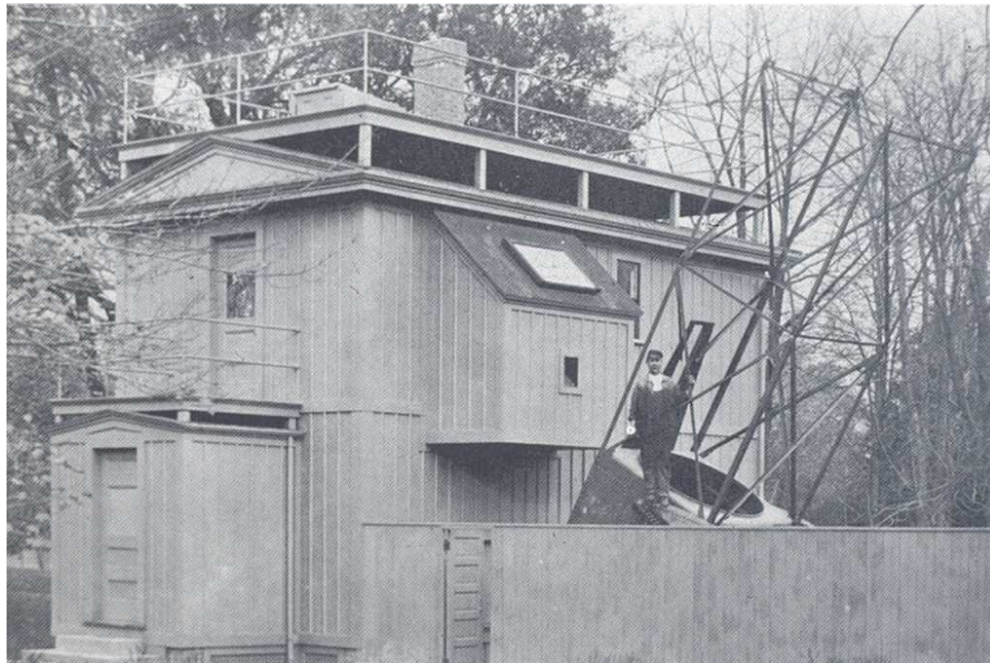


# Il riflettore Common

Le dimensioni necessarie per avere sempre strumenti più potenti fece riprendere la costruzione di riflettori.

Il prototipo dei grandi riflettori del XX secolo si deve all'inglese Andrew Ainslie Common (1841 – 1903) che nel 1888 costruì un riflettore da 152 cm (60 pollici) di diametro e 8,7 m di focale. Questo strumento aveva una montatura a forcella e l'asse polare galleggiava in un grosso volume d'acqua.

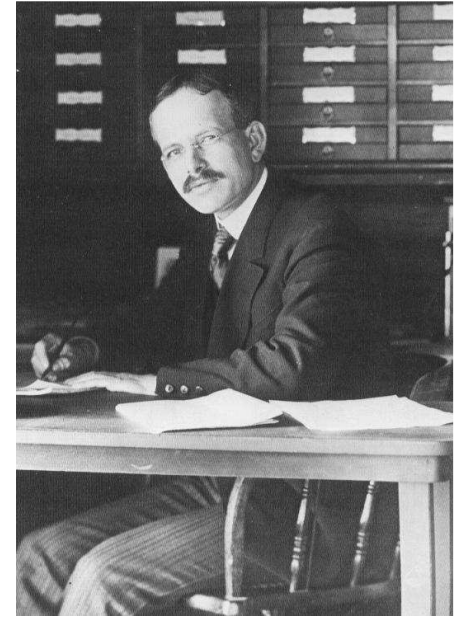
Era stato costruito come strumento per la fotografia ed ottenne notevoli successi.



# Monte Wilson

L'osservatorio di Monte Wilson (MWO) si trova nella Contea di Los Angeles, in California, sul Monte Wilson, vicino a Pasadena, a 1742 metri di quota.

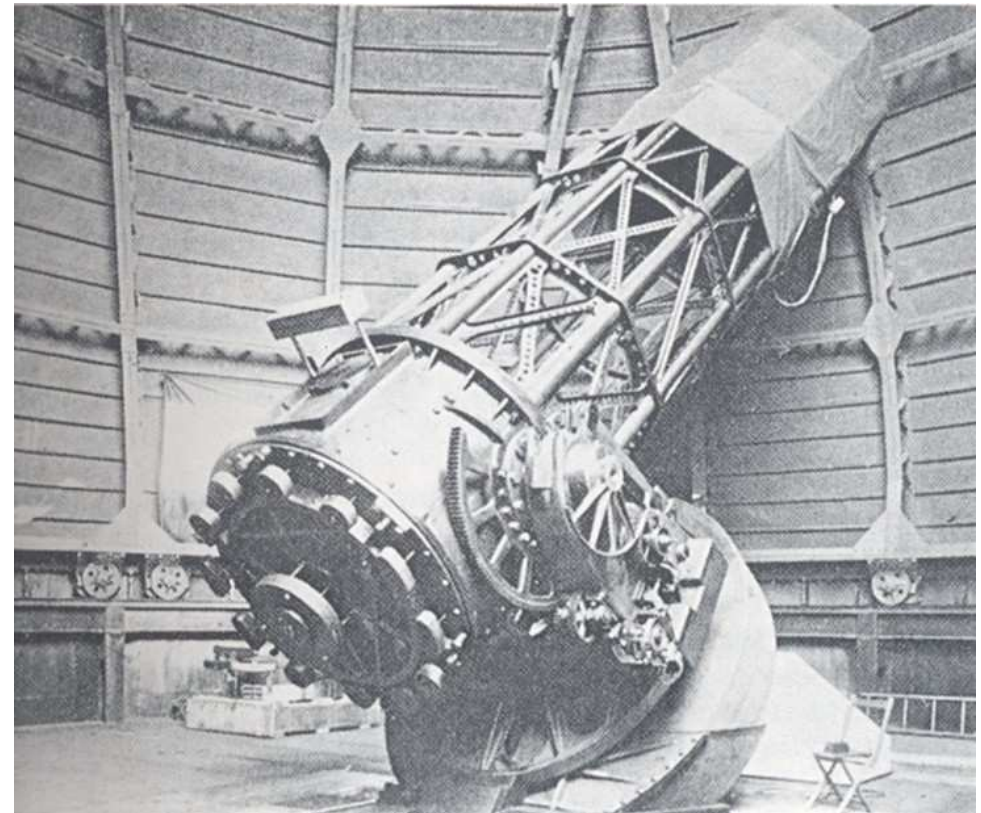
Il primo direttore fu George Ellery Hale (1868 – 1938), che fece costruire un telescopio riflettore da 152 cm di diametro e 7,6 m di focale.



Realizzato da George Willis Ritchey (1864 – 1945) nel 1905, è tuttora esistente.

Ha una montatura a forcella il cui asse polare galleggia su mercurio.

Con un sistema di specchi si può mandare la luce verso uno spettrografo, attraverso l'asse polare.



# Monte Wilson

Il più famoso telescopio di Monte Wilson è il telescopio Hooker, un riflettore di 2,5 m.

Lo specchio, lavorato ancora da Ritchey, ha una focale di 12,9 m e pesa 4,5 tonnellate.

È posto su una montatura a culla che però pregiudica l'osservazione in prossimità del polo.

Entrato in funzione nel 1917, rimarrà, fino al 1948 il più grande telescopio al mondo.



# Monte Wilson

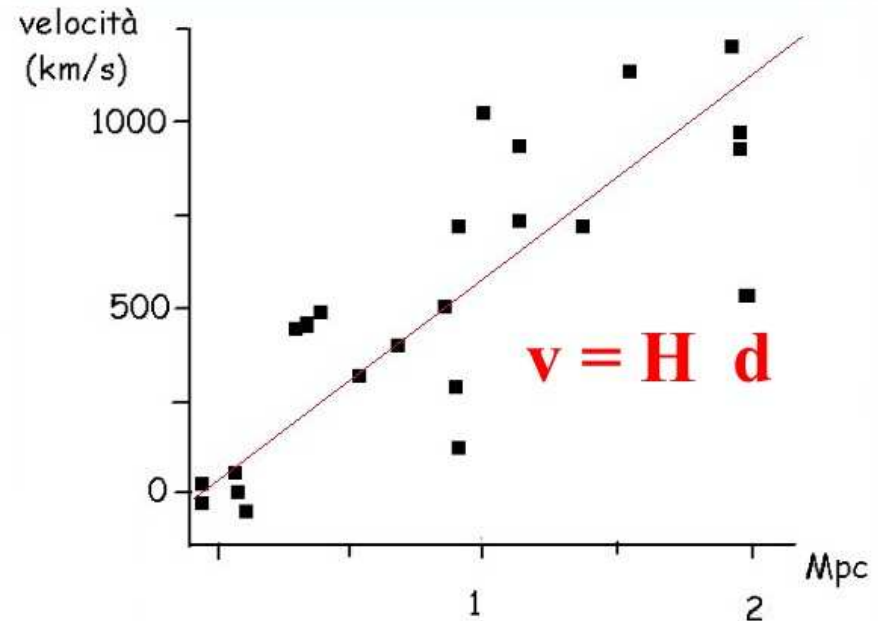
Con questo strumento, per la prima volta, si sono risolte le stelle della galassia di Andromeda.

Nel 1929, con esso, Edwin Hubble (1889 – 1953) scoprì l'espansione dell'universo.



È stato utilizzato proficuamente fino agli anni '60.

Ristrutturato, è ancora in uso.



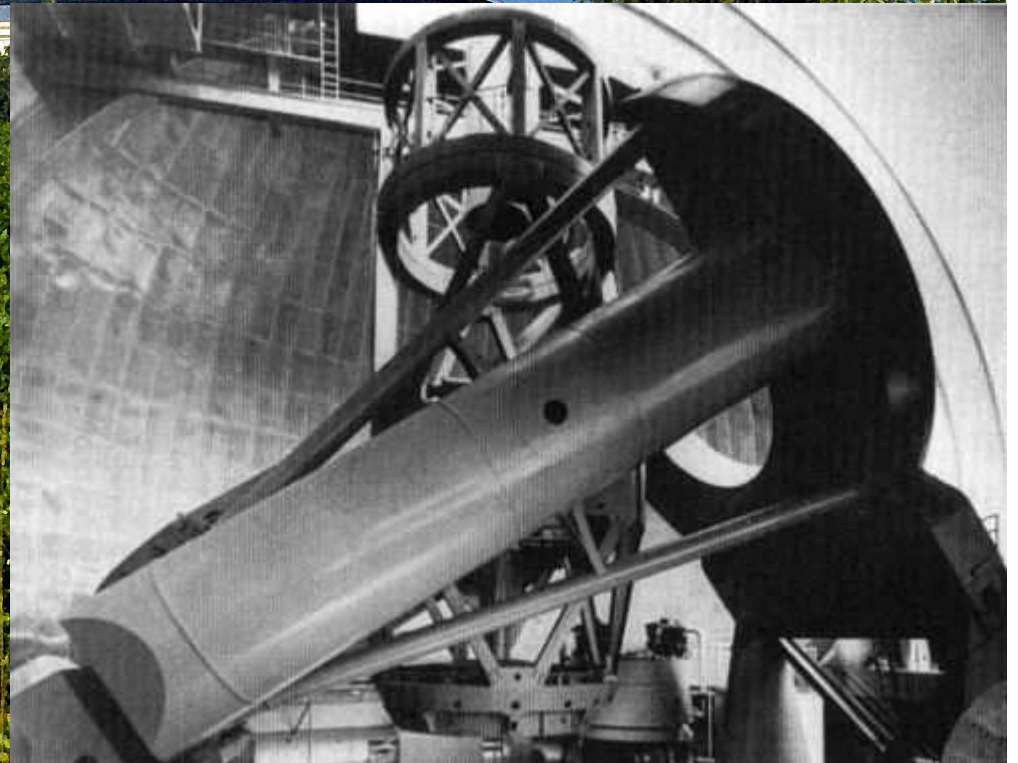
# Il telescopio di Monte Palomar

L'Osservatorio di Monte Palomar è uno dei più celebri ed è stato uno dei più importanti al mondo.

Ospita il famoso telescopio Hale di 5,08 m di diametro.

Fu completato nel 1949 e gestito dal California Institute of Technology.

È situato nella Contea di San Diego, circa 150 km a sud-est di Los Angeles, ad un'altitudine di 1710 metri.

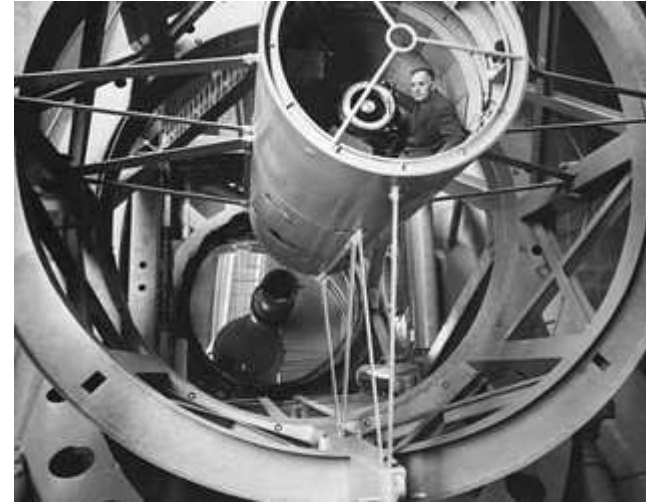




# Il telescopio Hale

Nel 1928 Hale ottenne dalla Rockefeller Foundation un finanziamento di 6 milioni di dollari per "la costruzione di un osservatorio, dotato di un telescopio riflettore di 200 pollici" che sarebbe stato gestito dal Caltech.

Il progetto fu supervisionato da Hale, la costruzione dello specchio fu affidata alla Corning Glass Works, che utilizzò un nuovo tipo di vetro, il Pyrex.



La costruzione dell'osservatorio iniziò nel 1936, ma a causa della Seconda guerra mondiale, il telescopio fu completato nel 1948.

Il Telescopio Hale è rimasto il telescopio più grande al mondo fino al 1976.

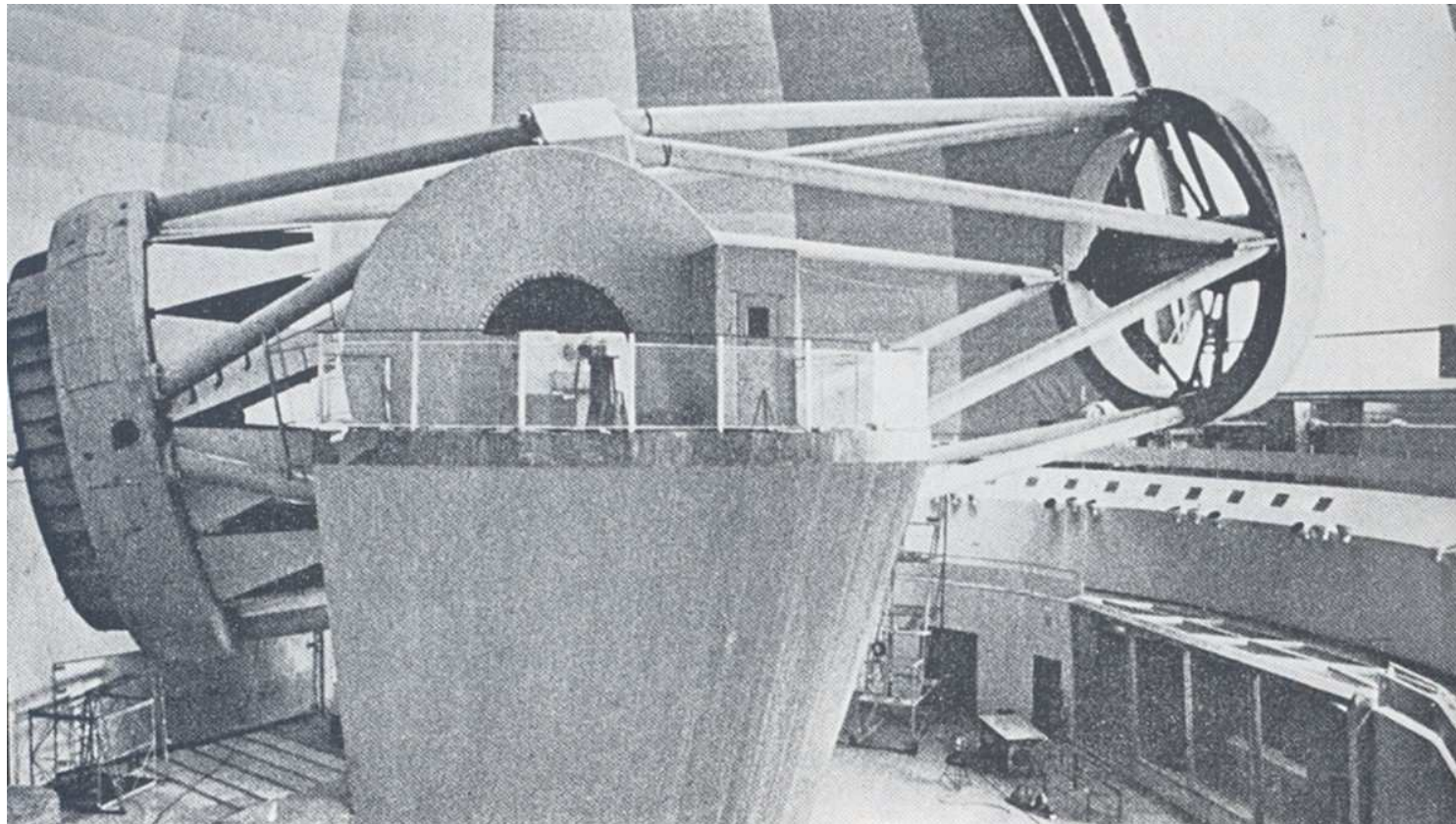
Ancora oggi è utilizzato dagli astronomi per attività scientifiche ed è equipaggiato con sensori nell'ottico e nell'infrarosso.

# Il telescopio BTA-6

Bolshoi Teleskop Azimutalni (Grande Telescopio Azimutale)

Nel novembre del 1976 venne inaugurato nella regione del Caucaso, in Unione Sovietica, un telescopio con lo specchio principale da 6 m.

Costruito dalle officine LOMO di Leningrado è alto 27 m e pesa 840 tonnellate.



# Il telescopio BTA-6

Può lavorare al fuoco primario con una focale di 24 m e nei due fuochi laterali con focale di 182 m (f/30).

Un altro elemento che lo contraddistingue è la montatura altazimutale.



# L'MMT

Un altro telescopio innovativo è il Multi Mirror Telescope.

Installato nel MMT Observatory (MMTO), situato negli Stati Uniti, sul Monte Hopkins in Arizona, 55 km a sud di Tucson, è gestito dall'University of Arizona e dallo Smithsonian Institution.

L'MMT operò fra il 1979 e il 1998 con un design allora innovativo: fu il primo telescopio il cui obiettivo era formato da specchi multipli, il primo con edificio co-rotante e il primo con una montatura altazimutale controllata da un computer.

L'obiettivo era formato da 6 specchi di 1,8 metri di diametro ognuno, per un obiettivo equivalente a quello di un telescopio di 4,5 metri di diametro.



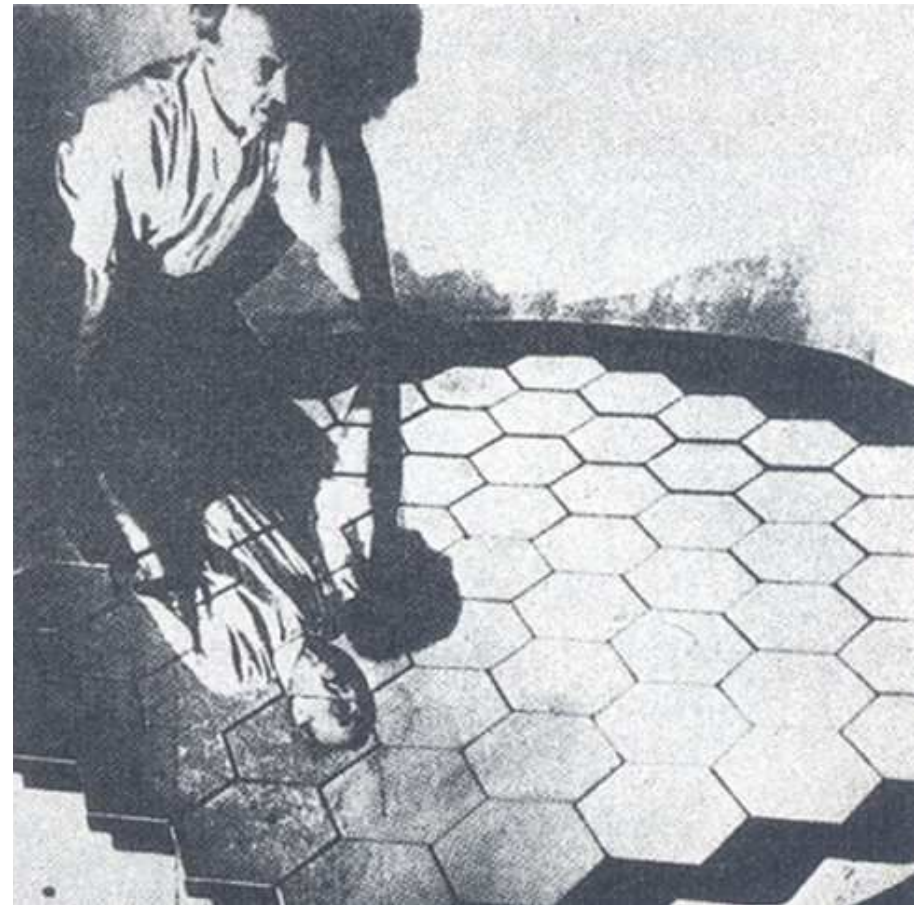
# L'MMT

Nel 2000 venne convertito sostituendo gli specchi con un singolo specchio di 6,5 m.

L'idea di un telescopio a molti specchi risale all'italiano Guido Horn d'Arturo (1879 – 1967), direttore dell'Osservatorio di Bologna che costruì la stazione osservativa di Loiano, oggi dotata, tra l'altro, di un riflettore da 152 cm.

La sua idea era quella di costruire una grande superficie riflettente mediante un mosaico di elementi esagonali.

Dal 1932, per oltre 30 anni, si dedicò a tale progetto e diede vita ad un primo strumento, poi successivamente potenziato e migliorato fino a raggiungere 180 cm di diametro e 10,40 m di lunghezza focale, posizionato nella Torre della Specola di Bologna.



# HUBBLE SPACE TELESCOPE

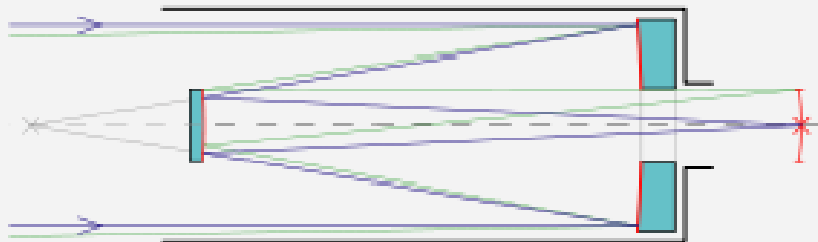
Lancio il 24 aprile 1990 – fine missione prevista per il 2014

Orbita in circa 96 minuti a 600 km di altezza.

È un riflettore Ritchey-Chrétien da 2,4 m di diametro.



Ritchey-Chrétien-Cassegrain-Teleskop



# HUBBLE SPACE TELESCOPE

La missione STS-125 dello Space Shuttle del maggio 2009, ha effettuato importanti riparazioni di HST, migliorandone sensibilmente le prestazioni.



L'importanza di Hubble non è dovuta solo alle spettacolari immagini, ma soprattutto alle ricerche che hanno permesso una media di 14 articoli scientifici alla settimana basati sui dati raccolti.

# HUBBLE SPACE TELESCOPE

## Hubble Ultra Deep Field

Almeno 10 000 galassie distanti fra 12,7 e 13 miliardi di anni luce.  
Il campo inquadrato equivale a quello di 1 eurocent a circa 20 m di distanza nella costellazione della Fornace.





# HUBBLE SPACE TELESCOPE

Ufficialmente gli aggiornamenti estendono la vita del telescopio fino al 2014, tuttavia Hubble potrà facilmente superare questa data.



Non prima del 2014 è previsto il lancio del James Webb Space Telescope (JWST), dotato di specchi di diametro equivalente a 6,5 metri e che opererà nell'infrarosso, con l'obiettivo principale di osservare le galassie dell'Universo primordiale.

Sarà posizionato in L2, a circa 1,5 milioni di chilometri dalla Terra, in direzione opposta al Sole.

# HUBBLE SPACE TELESCOPE

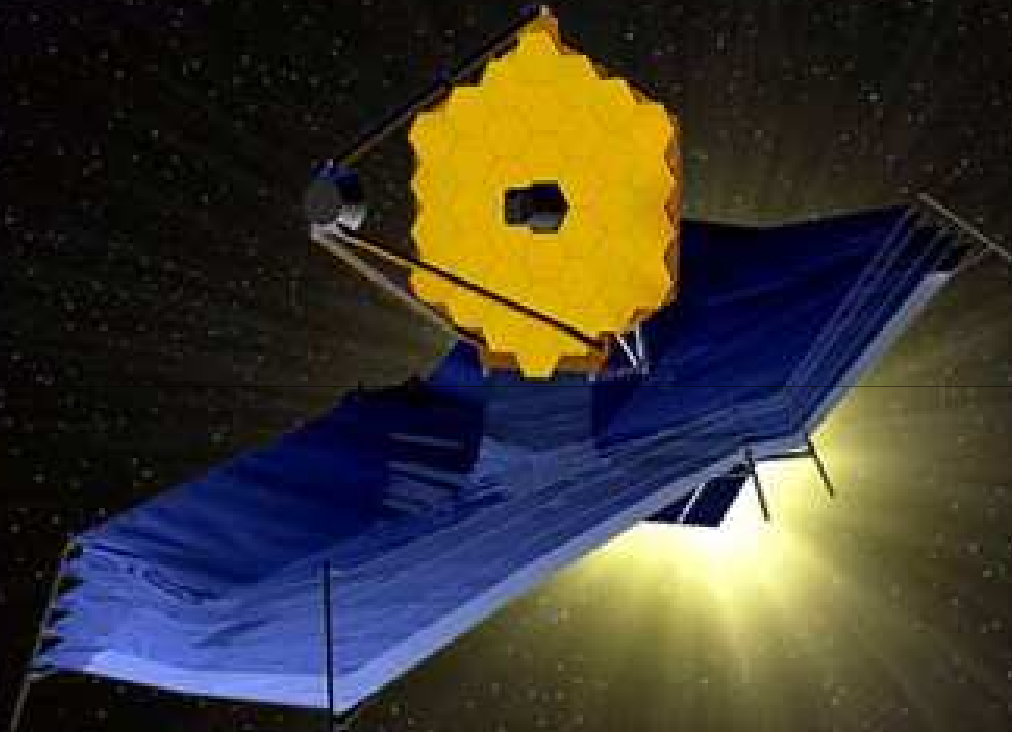
Questa posizione offre il minimo segnale di fondo termico e quindi la massima sensibilità alla radiazione infrarossa.



Tuttavia il telescopio James Webb rileva solo lo spettro infrarosso quindi Hubble, che possiede sensori che operano nelle bande dell'ultravioletto, del visibile e dell'infrarosso-vicino, può continuare ad essere di grande beneficio alla comunità scientifica.

# WEBB SPACE TELESCOPE

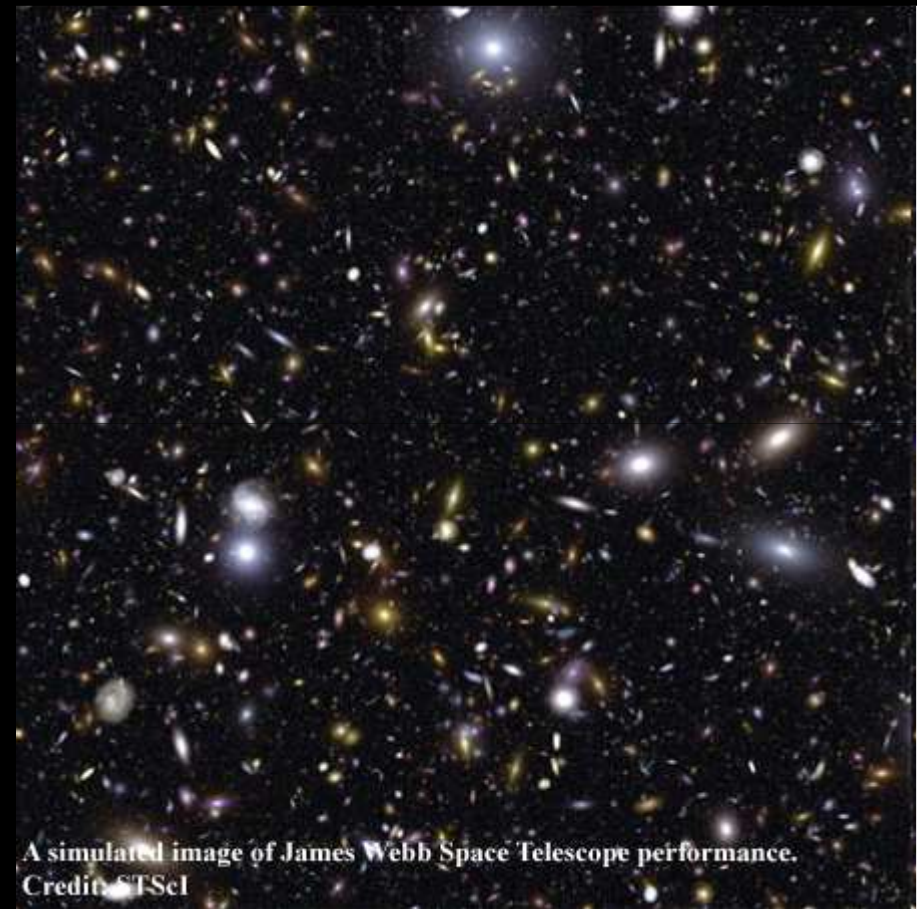
Il Telescopio Spaziale Webb verrà costruito e gestito in cooperazione dalla NASA e dall'ESA.



Il JWST peserà la metà dell'HST e avrà lo specchio principale in berillio. Questo sarà diviso in 18 sezioni che una volta in orbita si dispiegheranno attraverso dei sensibili micromotori che posizioneranno correttamente i segmenti.

# HUBBLE SPACE TELESCOPE

Confronto tra HST e JWST



# LARGE BINOCULAR TELESCOPE

LBT è un telescopio a doppia pupilla in montatura altazimutale in configurazione gregoriana, ottimizzato per interferometria e osservazione a grande campo.

È collocato sul monte Graham, nel sud-est dell'Arizona, a più di 3000 metri di altezza.

LBT è costituito da due specchi parabolici primari composti da un unico blocco di vetro ricoperto da un sottile strato di alluminio.

Questi specchi, del diametro di 8,4 metri ciascuno, sono provvisti di un sistema di ottica attiva per correggere gli effetti di deformazione dovuti al loro stesso peso.

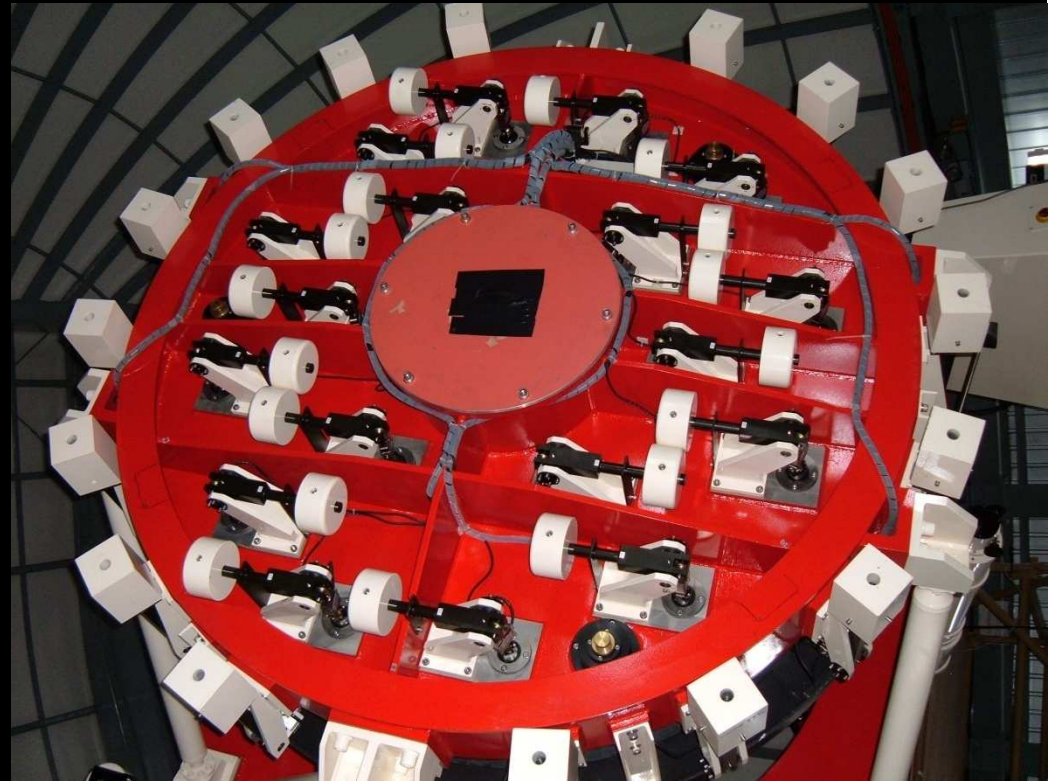
Il telescopio vede la partecipazione degli Stati Uniti tramite enti governativi e diverse università (50%); della Germania (25%) e dell'Italia (25%).



# LARGE BINOCULAR TELESCOPE

L'ottica attiva è una tecnologia relativamente recente utilizzata nei moderni telescopi e in strumenti simili per avere superfici ottiche di grande precisione.

Essa lavora aggiustando "attivamente" la forma degli specchi dei telescopi.



Gli specchi primari dei moderni telescopi riflettori, che hanno diametri dai 3 agli 8 metri o più, non sono in grado di reggere il proprio peso senza deformarsi.

Un sistema di attuatori a controllo computerizzato posti sotto lo specchio può mantenerlo costantemente nella forma ideale, compensando gli effetti della gravità.

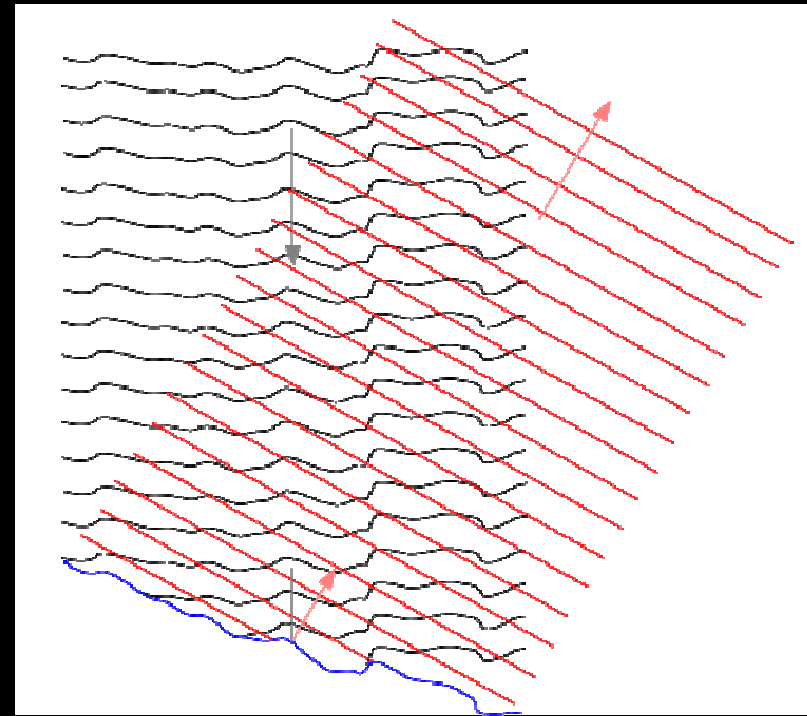
Ciò assicura sempre una qualità ottimale delle immagini astronomiche.

Questa tecnica è utilizzata dai più grandi telescopi del mondo costruiti nell'ultima decade.

# LARGE BINOCULAR TELESCOPE

I due specchi secondari, sviluppati presso i laboratori dell'Osservatorio di Arcetri, sono specchi concavi di 911 mm adattivi.

Le ottiche adattive sono una delle moderne tecniche utilizzate dai telescopi basati a terra per contrastare l'effetto dell'atmosfera, che degrada le immagini, riducendo di fatto il potere risolutivo del telescopio a valori molto inferiori al limite teorico.



Il fronte d'onda proveniente dalla sorgente viene distorto dalle turbolenze atmosferiche, la conoscenza della forma effettiva del fronte d'onda permetterebbe, tramite un sistema di specchi a deformazione controllabile, di recuperare una forma più simile a quella piana, precedente l'interazione con l'atmosfera, migliorando drasticamente la qualità dell'immagine.

Questa è l'idea che sta alla base del principio di funzionamento delle ottiche adattive, la cui implementazione richiede accorgimenti tecnici complessi e una o più sorgenti guida. La tecnologia delle ottiche adattive si sta diffondendo e perfezionando sempre più, permettendo di ottenere risultati di notevole qualità.

# KECK TELESCOPE

Il W. M. Keck Observatory è un osservatorio astronomico costituito dai due telescopi riflettori gemelli Keck situato a 4145 metri di altezza sulla sommità del vulcano Mauna Kea, nelle isole Hawaii.



I due telescopi sono di tipo Ritchey-Chrétien, con montatura altazimutale e sistemi di ottica attiva e adattiva. Lo specchio primario di ciascuno dei due telescopi è costituito da un insieme di specchi esagonali assemblati in modo da formare uno specchio equivalente ad uno di 10,2 m di diametro,

Sono i secondi telescopi ottici più grandi al mondo, dopo il Gran Telescopio Canarias.

I due strumenti operano in modalità singola ma anche insieme, formando un interferometro lungo 85 metri.

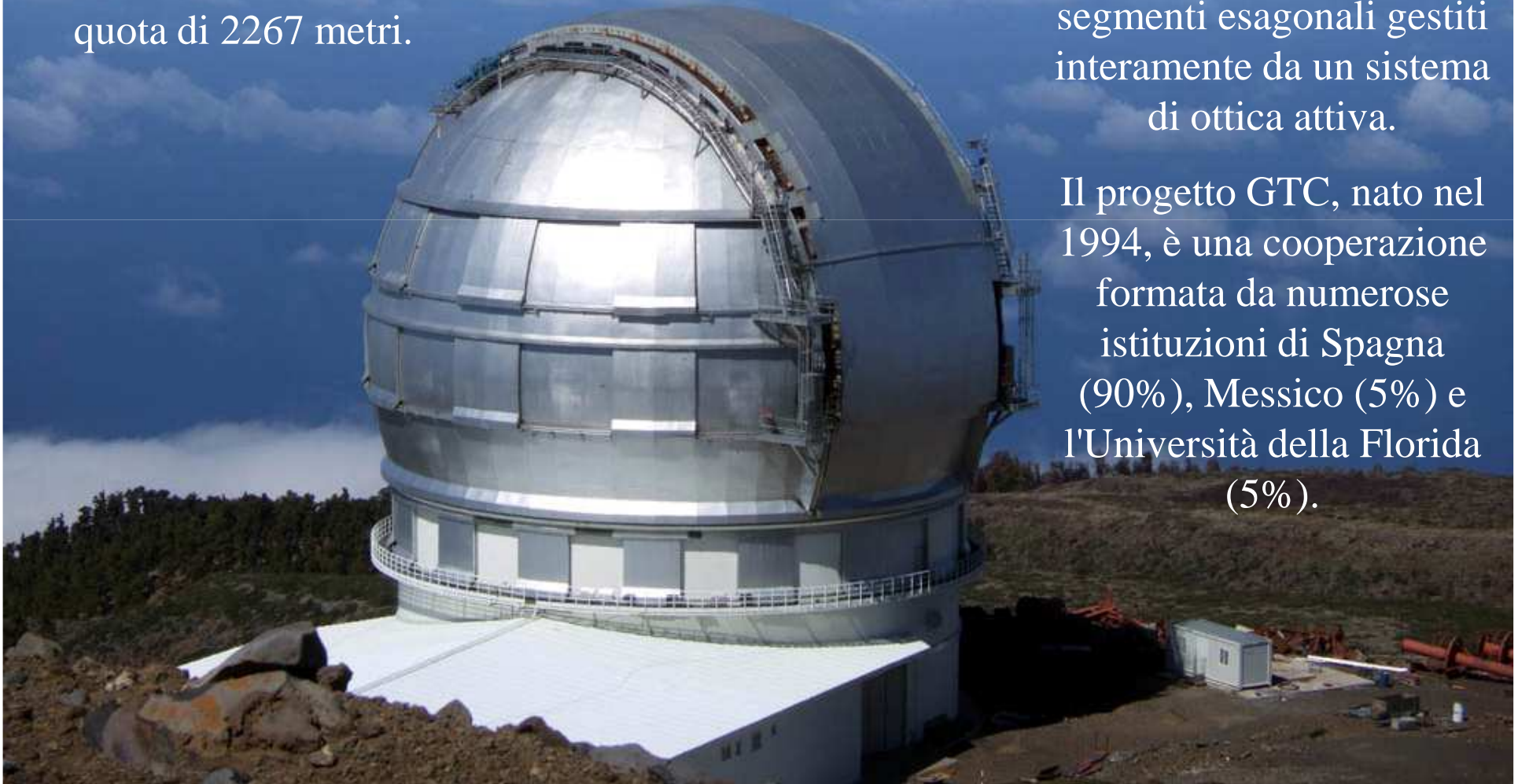


# GRAN TELESCOPIO CANARIAS

GTC è un telescopio riflettore con uno specchio primario di 10,4 metri posto sull'isola di La Palma, nelle Canarie, alla quota di 2267 metri.

E' stato inaugurato ufficialmente il 16 luglio 2007. Lo specchio primario è composto da 36 segmenti esagonali gestiti interamente da un sistema di ottica attiva.

Il progetto GTC, nato nel 1994, è una cooperazione formata da numerose istituzioni di Spagna (90%), Messico (5%) e l'Università della Florida (5%).



# TELESCOPIO NAZIONALE GALILEO

Il TNG è un telescopio di 3,58 metri di diametro situato sulla sommità dell'isola de La Palma alle Isole Canarie ed è il più importante strumento ottico della comunità astronomica italiana.

Dal 2005 la "Fundación Galileo Galilei, Fundación Canaria" (FGG) gestisce il telescopio per conto dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF).

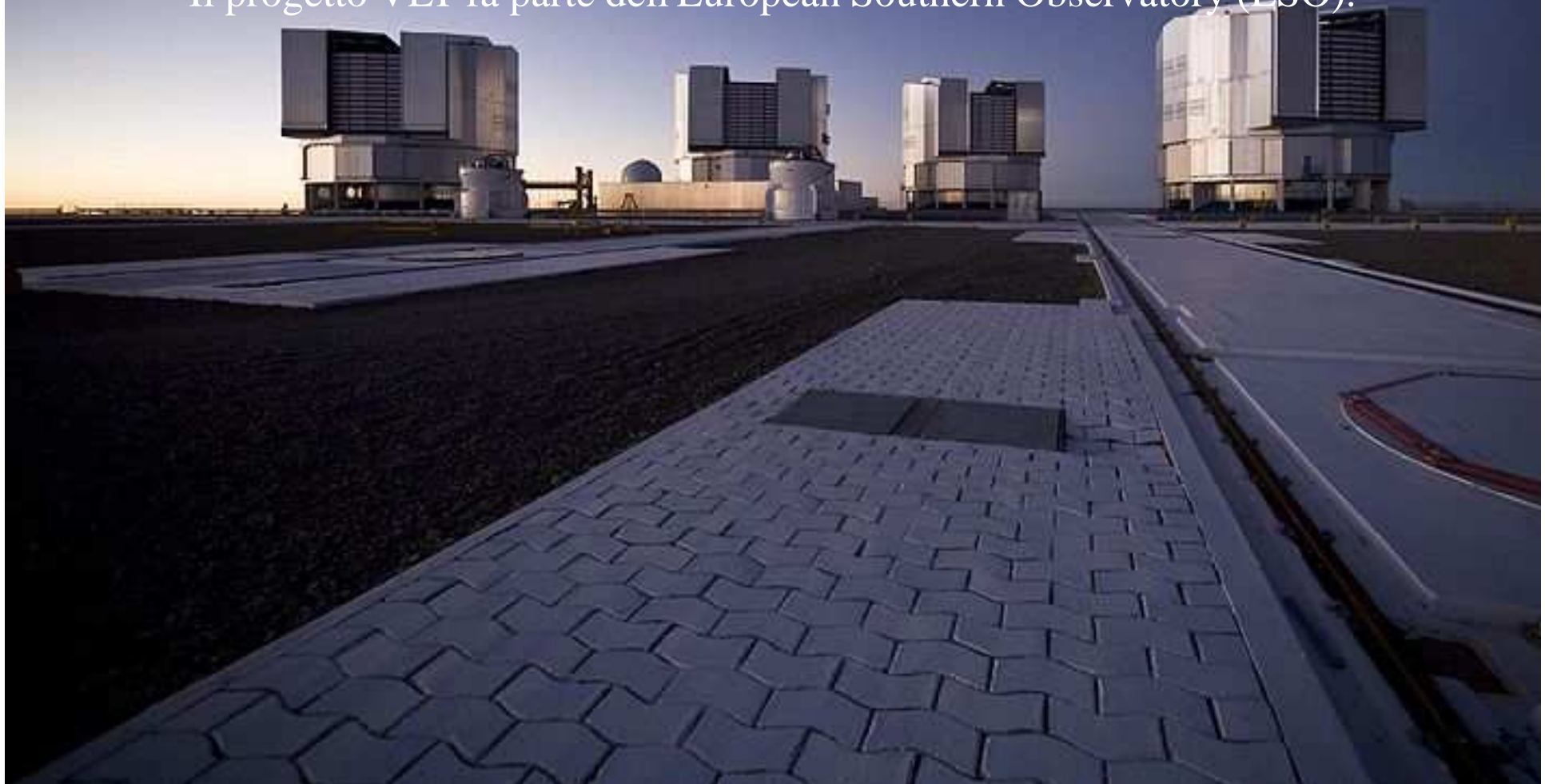


# VERY LARGE TELESCOPE (VLT)

È un sistema di quattro telescopi ottici separati, affiancati da vari strumenti minori.

Ognuno dei quattro strumenti principali è un telescopio riflettore con uno specchio primario di 8,2 metri.

Il progetto VLT fa parte dell'European Southern Observatory (ESO).



# VERY LARGE TELESCOPE (VLT)

Si trova sul Cerro Paranal, una montagna di 2635 metri nel deserto di Atacama, nel Cile settentrionale.

Il primo dei quattro telescopi (UT1-Antu) fu operativo nel maggio 1998.



# VERY LARGE TELESCOPE (VLT)

I telescopio sono stati chiamati con i nomi di alcuni oggetti astronomici nella lingua Mapuche locale: Antu (il Sole), Kueyen (la Luna), Melipal (la Croce del Sud), e Yepun (Venere).

Il VLT può operare in tre modi:

- come quattro telescopi indipendenti
- come un unico strumento non-coerente
- come un unico strumento coerente in modo interferometrico (VLTI).



# VERY LARGE TELESCOPE (VLT)

Gli specchi principali sono spessi solo 18 cm e la loro forma è controllata da 150 pistoncini che la aggiustano ogni volta che il telescopio viene mosso.



# VERY LARGE TELESCOPE (VLT)

Per eliminare l'aberrazione introdotta dall'atmosfera sopra il Cerro Paranal, viene utilizzato anche un sistema di ottica adattiva con uno specchio che aggiusta l'immagine 100 volte al secondo.



# VERY LARGE TELESCOPE (VLT)

Nel modo interferometrico, la luce raccolta viene inviata in un laboratorio e fusa insieme con tecniche interferometriche. In tale modalità di funzionamento i quattro telescopi forniscono la stessa capacità di raccolta di luce di un singolo specchio di 16 metri di diametro, rendendoli lo strumento ottico più grande del mondo.

La risoluzione è equivalente ad uno specchio che abbia un diametro pari alla distanza tra i telescopi (circa 100 metri).

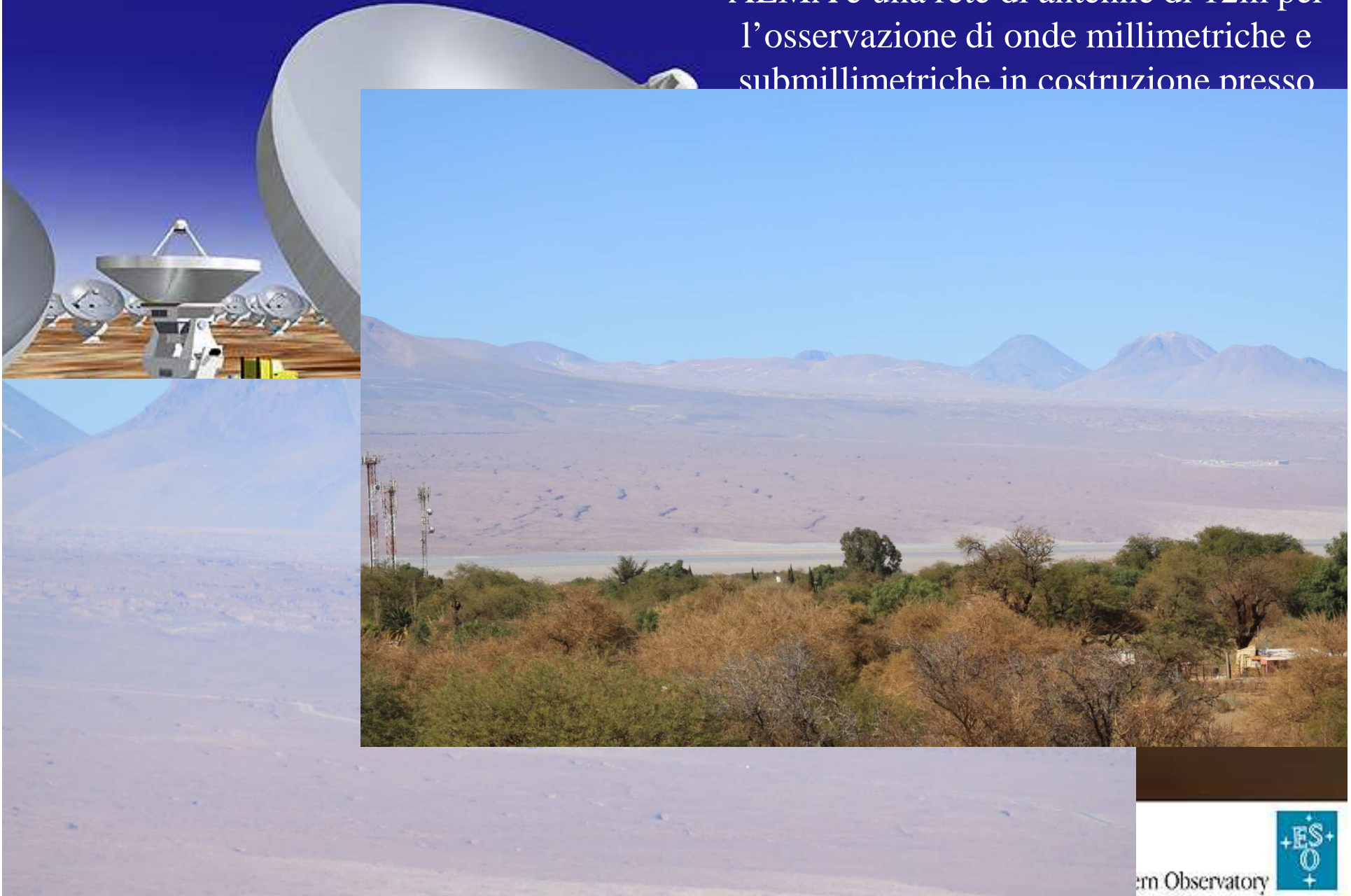
Il VLTI ha come obiettivo una risoluzione angolare di 0,001" ad una lunghezza d'onda di 1  $\mu\text{m}$ , nel vicino infrarosso.

È un angolo equivalente a risolvere un oggetto di 2 m alla distanza della Luna.



# ATACAMA LARGE MILLIMETER ARREY

ALMA è una rete di antenne di 12m per l'osservazione di onde millimetriche e submillimetriche in costruzione presso

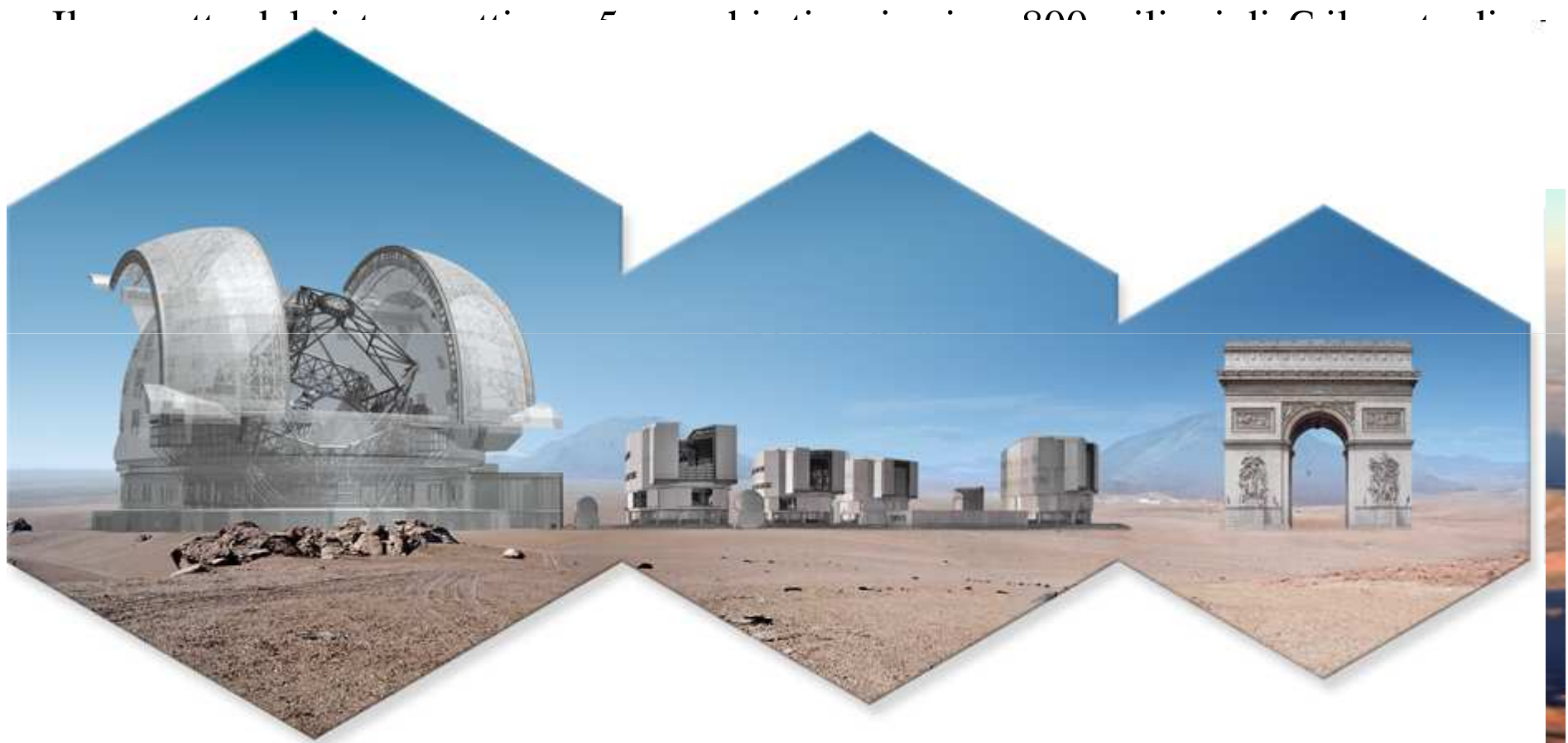


# TELESCOPI > 8 m

Nome	Diametro	Tipo di specchio	Nazionalità	Osservatorio	Anno di costruzione
<a href="#">Large Binocular Telescope (LBT)</a>	2×8,4 = 11,8 m	2 singoli	<a href="#">USA</a> , <a href="#">Italia</a> , <a href="#">Germania</a>	<a href="#">Osservatorio internazionale del monte Graham, Arizona</a>	<a href="#">2007</a>
<a href="#">Gran Telescopio Canarias (GTC)</a>	10,4 m	Mosaico	<a href="#">Spagna</a> , <a href="#">Messico</a> , <a href="#">USA</a>	<a href="#">Osservatorio del Roque de Los Muchachos, Isole Canarie</a>	<a href="#">2006</a>
<a href="#">Keck 1</a>	10 m	Mosaico	<a href="#">USA</a>	<a href="#">Osservatorio di Mauna Kea, Hawaii</a>	<a href="#">1993</a>
<a href="#">Keck 2</a>	10 m	Mosaico	<a href="#">USA</a>	<a href="#">Osservatorio di Mauna Kea, Hawaii</a>	<a href="#">1996</a>
<a href="#">Southern African Large Telescope (SALT)</a>	9,5 m	Mosaico	<a href="#">Sudafrica</a> , <a href="#">USA</a> , <a href="#">UK</a> , <a href="#">Germania</a> , <a href="#">Polonia</a> , <a href="#">Nuova Zelanda</a>	<a href="#">Osservatorio Astronomico del Sudafrica, Sudafrica</a>	<a href="#">2005</a>
<a href="#">Hobby-Eberly Telescope (HET)</a>	9,2 m	Mosaico	<a href="#">USA</a> , <a href="#">Germania</a>	<a href="#">Osservatorio McDonald, Texas</a>	<a href="#">1997</a>
<a href="#">Subaru (NLT)</a>	8,3 m	Singolo	<a href="#">Giappone</a>	<a href="#">Osservatorio di Mauna Kea, Hawaii</a>	<a href="#">1999</a>
<a href="#">VLT 1 (Antu)</a>	8,2 m	Singolo	<a href="#">Paesi ESO + Cile</a>	<a href="#">Osservatorio del Paranal, Cile</a>	<a href="#">1998</a>
<a href="#">VLT 2 (Kueyen)</a>	8,2 m	Singolo	<a href="#">Paesi ESO + Cile</a>	<a href="#">Osservatorio del Paranal, Cile</a>	<a href="#">1999</a>
<a href="#">VLT 3 (Melipal)</a>	8,2 m	Singolo	<a href="#">Paesi ESO + Cile</a>	<a href="#">Osservatorio del Paranal, Cile</a>	<a href="#">2000</a>
<a href="#">VLT 4 (Yepun)</a>	8,2 m	Singolo	<a href="#">Paesi ESO + Cile</a>	<a href="#">Osservatorio del Paranal, Cile</a>	<a href="#">2001</a>
<a href="#">Gemini North</a>	8,1 m	Singolo	<a href="#">USA</a> , <a href="#">UK</a> , <a href="#">Canada</a> , <a href="#">Cile</a> , <a href="#">Australia</a> , <a href="#">Argentina</a> , <a href="#">Brasile</a>	<a href="#">Osservatorio di Mauna Kea, Hawaii</a>	<a href="#">1999</a>
<a href="#">Gemini South</a>	8,1 m	Singolo	<a href="#">USA</a> , <a href="#">UK</a> , <a href="#">Canada</a> , <a href="#">Cile</a> , <a href="#">Australia</a> , <a href="#">Argentina</a> , <a href="#">Brasile</a>	<a href="#">Cerro Pachón, Cile</a>	<a href="#">2001</a>

# EUROPEAN EXTREMELY LARGE TELESCOPE

Il 26 aprile 2010 l'ESO ha annunciato che verrà costruito in Cile, sulla montagna Cerro Armazones, nella Regione di Antofagasta, un telescopio da 42 m.



# THIRTY METER TELESCOPE

Il TMT è un telescopio in corso di progettazione che avrà un'apertura dello specchio principale di 30 metri. Sarà costruito sul monte Mauna Kea, nelle isole Hawaii.

Lo specchio principale sarà costituito da 492 segmenti esagonali, con un'area complessiva di 655 m<sup>2</sup>.

