

TESINA PER L'ESAME DI STATO
A.S. 2010/2011

ASTROFISICA SPERIMENTALE

Di *Cesare Certosini*

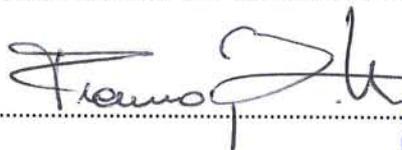
NUOVI PROGETTI PER I GRANDI TELESCOPI. OSSERVARE IL CIELO NEL TERZO MILLENNIO

Il presente contributo, elaborato dallo **studente Cesare CERTOSINI** del Liceo Scientifico Sarrocchi di Siena, è connesso alle attività scientifiche e laboratoriali svolte durante lo "**Stage Invernale a Tor Vergata**" - promosso dal MIUR (Direzione Generale per gli ordinamenti scolastici e per l'autonomia scolastica) - e tenuto dal 7 all'11 Febbraio 2011 presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Roma Tor Vergata.

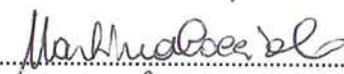
Le attività didattiche previste dal Programma dello Stage sono state realizzate all'interno di tre gruppi di ricerca, guidati da docenti del Dipartimento di Fisica.

I responsabili delle attività laboratoriali del Modulo di Scienza dei Materiali per l'Astrofisica Sperimentale

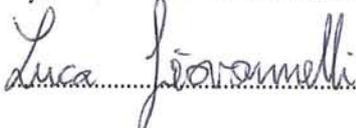
Prof. Francesco Berrilli



Ing. Martina Cocciolo

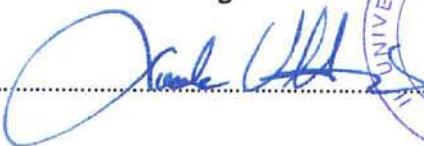


Dott. Luca Giovannelli



Il Direttore dello "Stage Invernale a Tor Vergata"

Prof. Nicola Vittorio



Anno Scolastico 2010/2011

V.B.L.S.T. "Tito Sarrocchi" - Siena

Nuovi Progetti per i Grandi Telescopi

Osservare il cielo nel Terzo Millennio

Cesare Certosini

CC

Prefazione

Ho deciso di scrivere una tesina riguardante i nuovi progetti per i grandi telescopi perché dopo aver frequentato due stage all'Università degli Studi di Roma Tor Vergata che trattavano temi vicino all'astrofisica: il primo stage che ho frequentato (14-18 Giugno 2010) si articolava in corsi di ambito astrofisico. Ho seguito quello di Meccanica Celeste tenuto dalla prof.ssa Alessandra Celletti; il secondo stage (7-11 Febbraio 2011) trattava temi di fisica dei materiali. Ho seguito il corso di Astrofisica Sperimentale, tenuto dai ricercatori del laboratorio di Fisica Solare dell'Università di Roma Tor Vergata Dario Del Moro, Luca Giovannelli e Martina Cocciolo. Abbiamo studiato i telescopi, la loro storia, le loro strutture, i loro materiali fino a parlare dei progetti in fase di realizzazione. Questi stage mi sono stati indicati dalla mia prof.ssa di Fisica Sonia Quattrini, per questo voglio qui ringraziarla. Gli argomenti trattati mi hanno appassionato, soprattutto per quanto riguarda le sfide ingegneristiche, le tecniche ed i materiali utilizzati per superarle. Da questa esperienza ho maturato ancora di più l'interesse per l'ingegneria, in particolare per l'ingegneria meccanica.

Perché l'uomo osserva le stelle?



Particolare di una nebulosa stellare

L'uomo ha osservato le stelle sin dalla preistoria affascinato dalla volta celeste sopra di sé.

In epoca preistorica l'uomo osservava le stelle per cogliere segni divini e, con lo sviluppo dell'agricoltura, per determinare i tempi dei propri raccolti.

Dal regno sumero si ha uno studio più approfondito delle stelle ed una prima classificazione.

La volta celeste è stata oggetto d'interesse per tutti i popoli successivi a tal punto che i fenici

adottarono la Stella Polare come punto di riferimento per le loro navigazioni. Nel medioevo dove gli astronomi cattolici si rifacevano alla concezione tolemaica della volta celeste che meglio si confaceva alle Scritture, lo studio e l'osservazione delle stelle perse d'importanza anche per le pressioni della Chiesa. Gli unici astronomi occidentali che continuavano ad osservare erano gli arabi; arabi, infatti, sono i nomi tutt'oggi utilizzati per molte stelle. I cinesi studiarono



Galileo Galilei

in modo molto approfondito le stelle e celebre è la dettagliata relazione che descrive l'esplosione della Supernovae SN 1054 che ha dato origine alla nebulosa del Granchio.

Con l'avvento di studiosi del calibro di Tycho Brahe, Galileo Galilei e Friedrich Johannes Kepler, che facevano uso del metodo scientifico e, gli ultimi due, dei primi cannocchiali, lo studio delle stelle diventa una scienza non più strettamente qualitativa ma anche quantitativa.

Nacque così l'astrofisica.



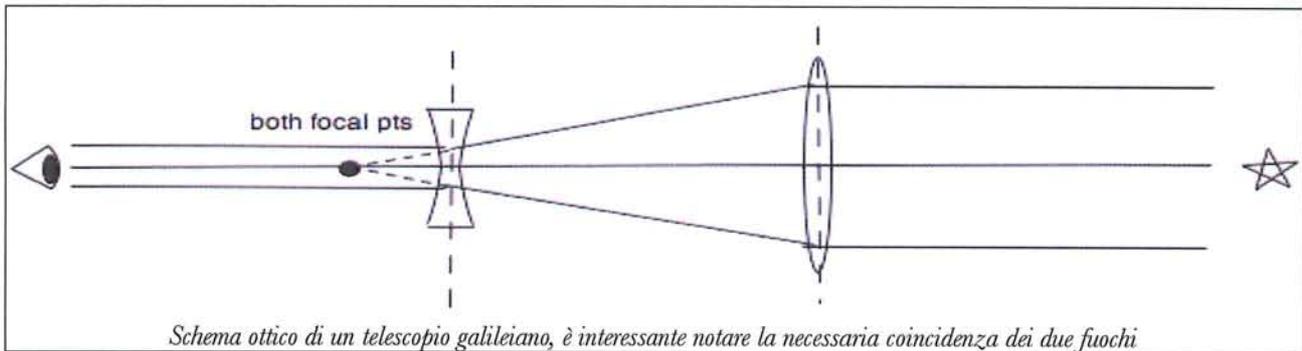
Friedrich Johannes Kepler

Perché i grandi telescopi?

L'uomo quando osserva il cielo vede molti oggetti puntiformi di cui però non si distinguono i dettagli superficiali, per riuscire a comprendere la loro natura egli si è dotato di strumenti via via sempre migliori.

Il cannocchiale galileiano:

Il primo strumento ad essere utilizzato fu il cannocchiale galileiano: uno strumento in



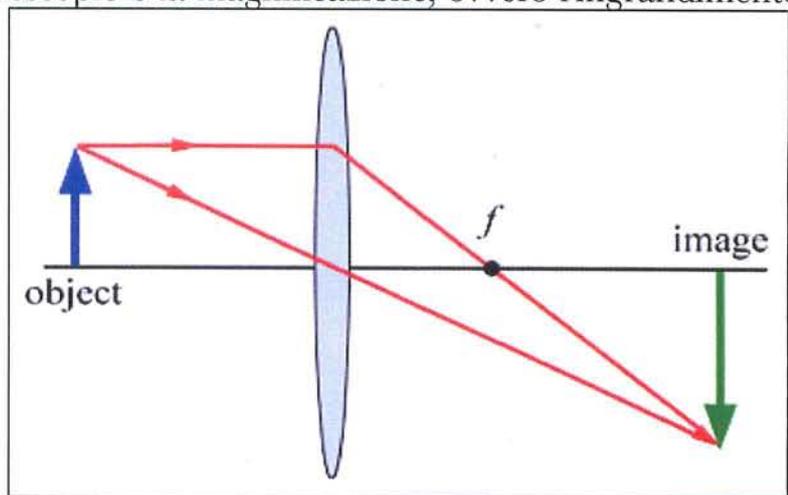
grado di ingrandire gli oggetti che vi venivano osservati. Il cannocchiale era composto da un tubo con alle sue estremità due lenti, una convessa ed una concava, che avevano il rispettivo fuoco in posizioni coincidenti.

Il suo nome tecnico è telescopio rifrattore, cioè un telescopio che sfrutta le proprietà di rifrazione della radiazione luminosa delle lenti di vetro.

Grazie ad esso le stelle conosciute e gli altri oggetti come pianeti e nebulose venivano visualizzati in modo migliore, inoltre, ne venivano scoperte di nuove.

La Magnificazione di un Telescopio:

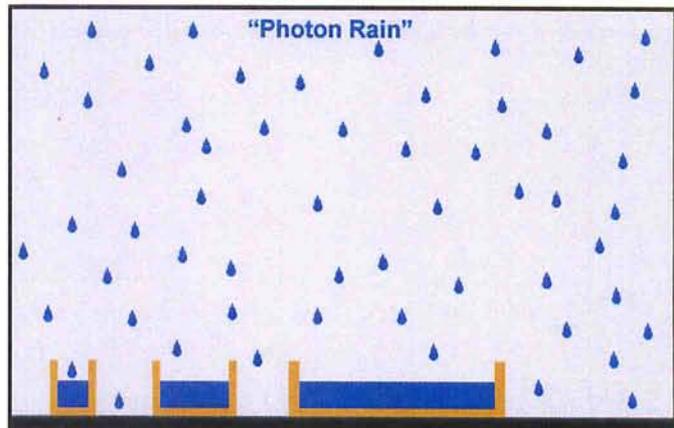
Il fattore più importante di un telescopio è la magnificazione, ovvero l'ingrandimento che il telescopio riesce a fornire dell'oggetto osservato in quel momento; essa dipende dal rapporto tra la lente dell'obiettivo e quella dell'oculare ($M=f_o/f_e$). Dobbiamo però considerare che, a parità di lunghezza focale dell'oculare l'ingrandimento aumenta con la lunghezza focale dell'obiettivo. Ciò è ottenibile con una maggiore lunghezza del tubo del cannocchiale, quindi, della distanza che la luce percorre all'interno di esso.



Magnificazione di una lente

Il tempo d'integrazione:

Un altro fattore da valutare è il tempo d'integrazione di un telescopio, ovvero la durata dell'esposizione necessaria affinché si ottenga una buona immagine. Ciò è strettamente collegato al concetto di flusso di fotoni: da una stella noi riceviamo una sorta di "pioggia di fotoni". Per aumentare il numero di fotoni che riceviamo in un determinato intervallo di tempo, e quindi ottenere un'immagine migliore, è necessario disporre di un contenitore più grande, quindi di uno specchio di dimensioni maggiori. Il tempo d'integrazione è inversamente proporzionale al quadrato del diametro del telescopio.

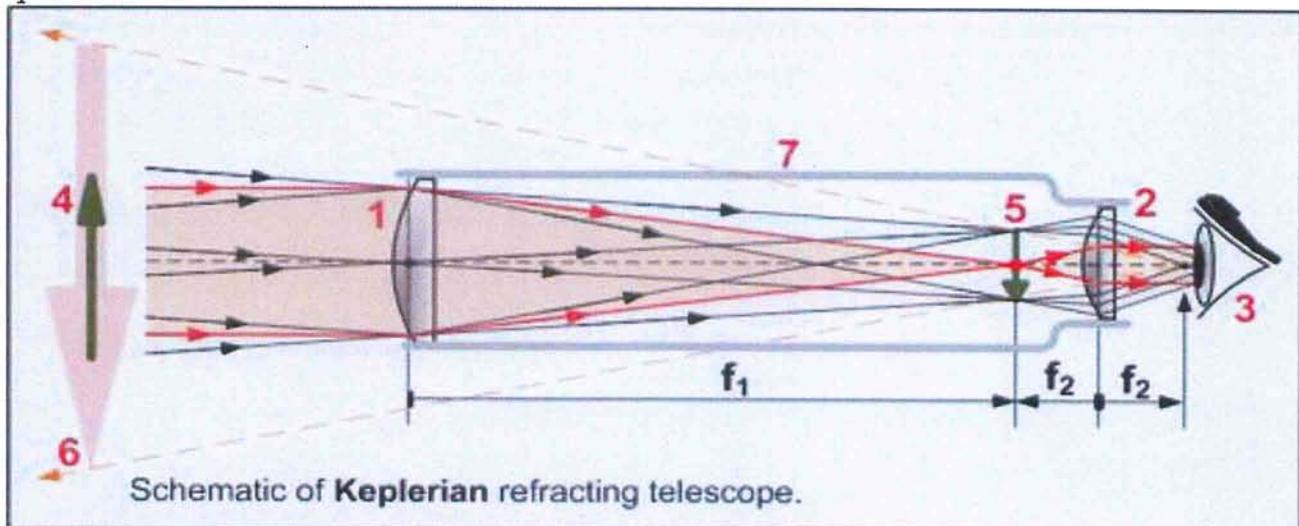


È qui evidenziato il concetto di "pioggia di fotoni" con particolare evidenza all'influenza del diametro del telescopio

$$(t=fD^2 \text{ da qui si evince che } D=(t/f)^{-2})$$

Il telescopio kepleriano:

Una miglioria importante al telescopio galileiano fu apportata da Johannes Kepler, astronomo tedesco discepolo di Tycho Brahe, che sostituì la lente concava dell'oculare con una lente convessa posta a distanza maggiore di f_o , come mostrato nella figura qui sotto:



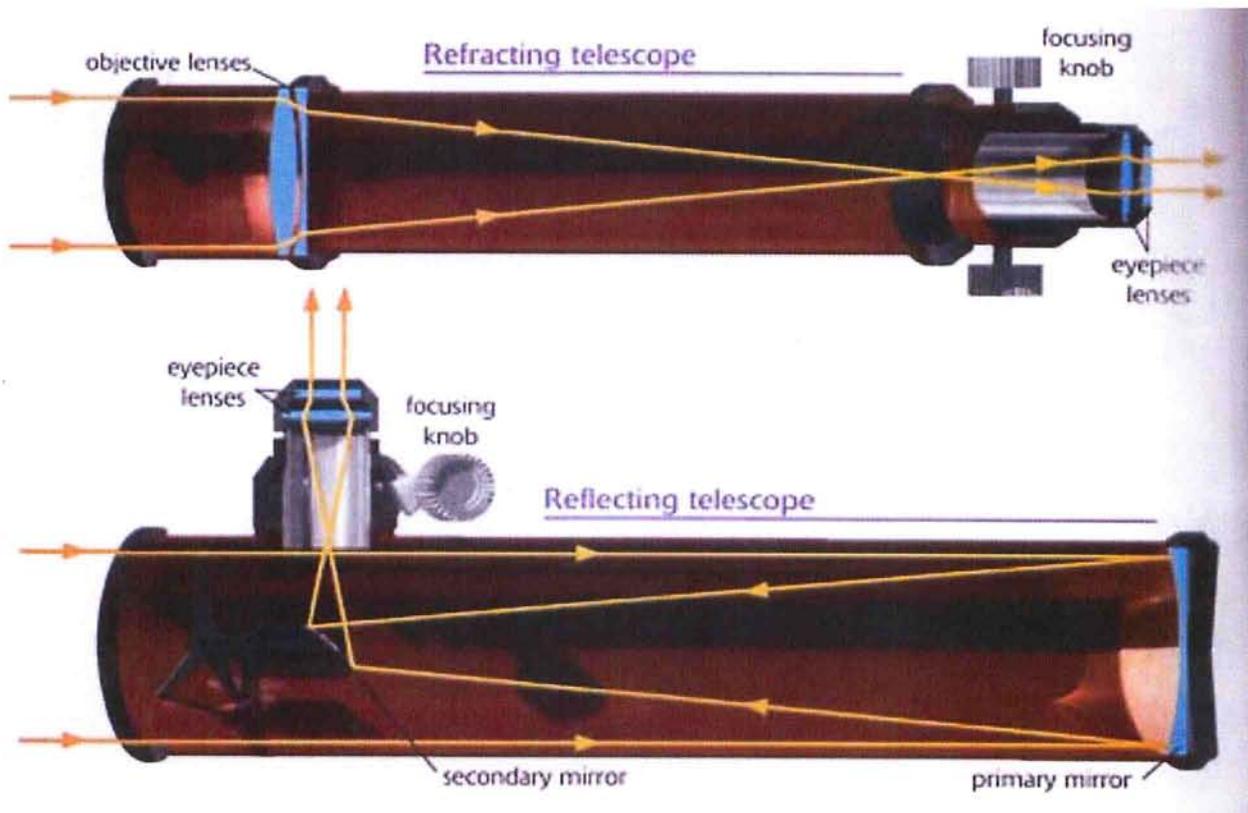
Risulta evidente che a parità di magnificazione il telescopio kepleriano è più lungo di quello galileiano di una distanza pari a $2f_c$ ($f_o + f_c$ invece di $f_o - f_c$), ma bisogna considerare che in telescopi di grandi dimensioni f_o è molto maggiore f_c e quindi Δl è trascurabile. L'unico svantaggio evidente è quello che l'immagine risulta capovolta a causa della formazione dell'immagine dopo il punto focale della lente primaria. Ciò lo rese poco popolare in campo commerciale dato che le maggiori vendite si registravano in campo militare per l'osservazione dei nemici, ma non costituisce un problema per l'osservazione astronomica. Il più grande vantaggio del telescopio

kepleriano è quello di sostituire la lente concava con una convessa, in modo da aumentare di molto il campo di vista, estremamente limitato, del cannocchiale galileiano. Inoltre si evita l'utilizzo di una lente concava difficile da produrre, ciò limita i costi e rende più semplice la progettazione di telescopi più grandi.

Lenti o Specchi?

I telescopi moderni non utilizzano più le lenti come mezzo per deviare e raccogliere la luce ma utilizzano gli specchi: sono di più facile costruzione e permettono di aumentare f_o senza aumentare la lunghezza del telescopio.

È importante considerare che uno specchio non soffre di aberrazione cromatica, in quanto non c'è differenza tra la riflessione di due onde luminose con differente



Confronto tra un telescopio rifrattore kepleriano ed un telescopio riflettore newtoniano, si può vedere come a parità di lunghezza del telescopio, f_o è quasi raddoppiata

lunghezza d'onda, cosa che non è vero per la rifrazione, dove ogni onda viene deviata in misura diversa da una stessa lente a seconda della sua lunghezza d'onda.

Uno specchio offre, rispetto ad una lente, vantaggi anche riguardo al peso in quanto per uno specchio si possono utilizzare tipologie di specchi chiamate "lightweight" che riducono notevolmente il peso della struttura. Come le lenti anche gli specchi perdono parte della luce raccolta, infatti la riflessione ha un rendimento $\approx 95\%$, cioè solo il 95% della luce che giunge su uno specchio è riflessa: ciò diminuisce



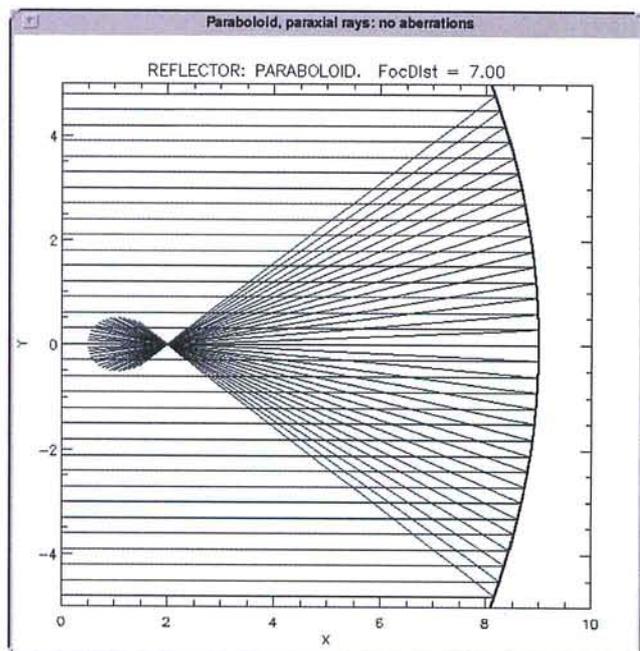
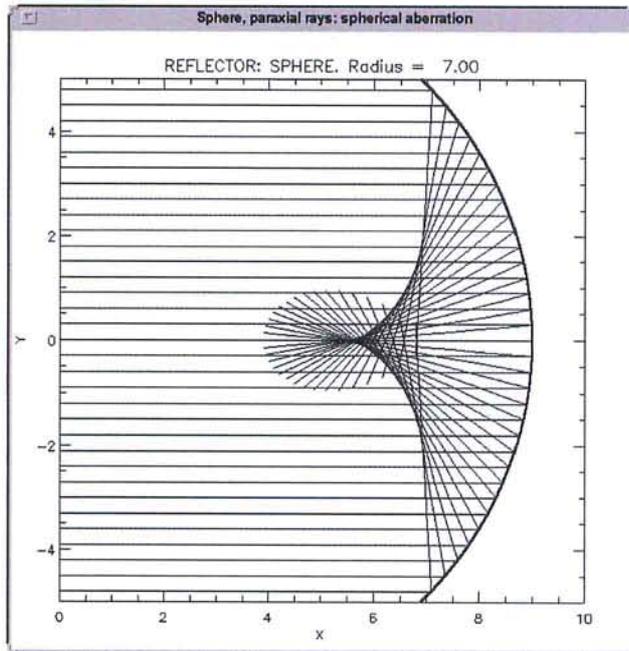
Aberrazione Cromatica

sensibilmente la qualità dell'immagine solo in un design ottico del telescopio che prevede un elevato numero di specchi, quindi non è particolarmente rilevante nella maggior parte dei telescopi che hanno una design Ritchey-Chrétien, Nasmyth o, in quelli più amatoriali, newtoniano. Gli specchi hanno però uno svantaggio rispetto alle lenti: mentre nel caso delle lenti i difetti di lavorazione della superficie sono dimezzati, negli specchi vengono raddoppiati proprio a causa della riflessione. Quindi gli specchi per avere la stessa resa di una lente devono avere imperfezioni della superficie 4 volte più piccole.

Il telescopio ideale

Un telescopio dovrebbe rispettare le seguenti caratteristiche:

→ **Una forma che rispetta quella di un paraboloide circolare** in modo da far convergere verso il punto focale tutti i raggi che giungono sulla lente. Questa forma è molto difficile da ottenere durante la lavorazione e ciò rende costoso l'utilizzo di specchi parabolici. Il telescopio newtoniano, il primo ad essere dotato di specchi, montava un specchio sferico, facile da costruire: esso però soffriva di aberrazione sferica, cioè la qualità dell'immagine era compromessa dalla sfericità dello specchio che non aveva un fuoco. Sotto è evidenziato come una circonferenza non presenti un fuoco preciso, a differenza di una parabola che fa convergere tutti i raggi in un unico punto.



Nei telescopi moderni sono spesso utilizzate forme iperboloidi che hanno il vantaggio di convergere nel suo fuoco molto più velocemente di specchi paraboloidi, ciò aumenta il rapporto tra magnificazione e lunghezza del telescopio. Inoltre combinando iperboloidi possono essere eliminate molte aberrazioni residue, presenti con il paraboloide, come coma e astigmatismo.

→ **Essere quanto più grande possibile** per catturare il maggior numero di fotoni possibile e diminuire il tempo d'integrazione. La maggiore grandezza del telescopio permette di raccogliere un numero maggiore di fotoni in un intervallo di tempo e, di conseguenza, migliorare la qualità dell'immagine. La maggiore grandezza non migliora solo la qualità delle immagini, permette anche di aumentare il numero delle immagini fornite dal telescopio in un intervallo di tempo: se vogliamo ottenere un'immagine della stessa qualità su un telescopio di diametro d ed uno più grande di diametro $k*d$, occorrerà catturare lo stesso numero di fotoni; considerando che sulla Terra giunge una "pioggia di fotoni" su due aree il cui rapporto è k^2 , si renderà necessario un intervallo di tempo t per ottenere l'immagine nel telescopio più piccolo, ed un intervallo di tempo pari a t/k^2 nel telescopio più grande.

→ **Essere il più leggero possibile** in modo da facilitare la gestione della meccanica e ridurre la deformazione causata dal suo stesso peso. Lo specchio e tutta la struttura sono composti principalmente da materiale metallico, acciaio e alluminio per la struttura, Berillio per lo specchio, e da vetri di vario tipo quali Pyrex[®], Zerodur[®] e ULE[®] o ceramici come SiC; nonostante materiali sempre migliori e tecnologie costruttive e strutturali sempre più sofisticate, il peso di uno specchio di 8m come quello del telescopio giapponese Subaru (uno dei più grandi telescopi oggi esistenti) si aggira intorno alle 25 tonnellate e l'intera struttura intorno alle 612 tonnellate. Risulta quindi evidente che progettare specchi di diametro fino a 10 volte quello dello specchio di Subaru complica notevolmente l'intera struttura dell'intero telescopio, quindi, di tutto l'osservatorio. Con masse di questo ordine di grandezza lo specchio tende a deformarsi sotto il suo stesso peso e si rivela indispensabile l'utilizzo di sistemi di ottica attiva (vedi paragrafo relativo) che mantengono inalterata la forma del telescopio. Per telescopi spaziali questo problema diventa ancora più importante fino a rivestire la principale sfida per i progettisti; per spedire in orbita un chilo di materiale è necessari 150'000 \$, pari al costo di tre chili d'oro. Una spesa così importante per la missione spaziale apre la strada all'utilizzo di materiali più costosi ma dalle ottime capacità fisiche come il Berillio ed carburo di Silicio (SiC) che sono scartati nei telescopi terrestri per l'elevato costo.



Telescopio Subaru

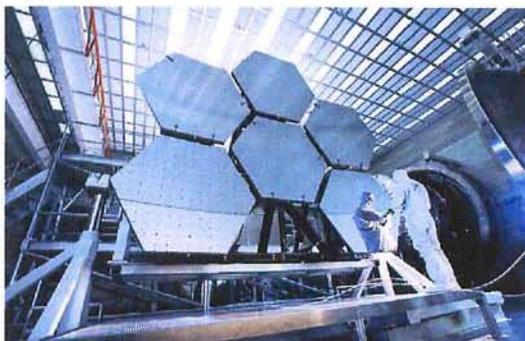
→ **Eliminare il seeing astronomico** così da non presentare problematiche relative alla deformazione delle immagini dovute all'atmosfera. La luce viene emessa dall'oggetto osservato in tutte le direzioni, ma il fronte d'onda che arriva sulla Terra è considerevole, a causa della grande distanza tra la Terra e l'oggetto, come un piano perpendicolare all'asse del telescopio. L'atmosfera terrestre presenta però zone aventi differente pressione e turbolenze che si fanno attraversare dalla luce in modo non uniforme e modificano il fronte d'onda che giunge sullo specchio primario, che non risulta più piatto; ciò produce aberrazioni sull'immagine, la più evidente (che risulta

però la più semplice da risolvere) è quella chiamata “tip-tilt” che produce una vibrazione dell'immagine dell'immagine osservata. L'insieme di queste aberrazioni è racchiuso nel termine *seeing atmosferico*. Per ovviare a questo problema è stato costruito il telescopio spaziale Hubble e tutti gli altri telescopi spaziali. Un'altra tecnica che si è sviluppata negli ultimi anni è quella dell'ottica adattiva (vedi paragrafo relativo), cioè la compensazione dell'effetto della luce tramite l'utilizzo di attuatori posti dietro allo specchio e di sensori di fronte d'onda.

La Segmentazione dello Specchio

Una tecnica costruttiva che si è sviluppata in questi ultimi anni è quella della

segmentazione dello specchio; essa consiste nel sostituire lo specchio monolitico con un numero maggiore di specchi più piccoli affiancati tra loro così da ottenere uno specchio virtuale di dimensioni maggiori. Questa tecnica permette di costruire specchi di dimensioni molto maggiori di quelle di uno specchio monolitico, mentre il più grande specchio monolitico al mondo si aggira infatti intorno agli 8 m di diametro, gli specchi

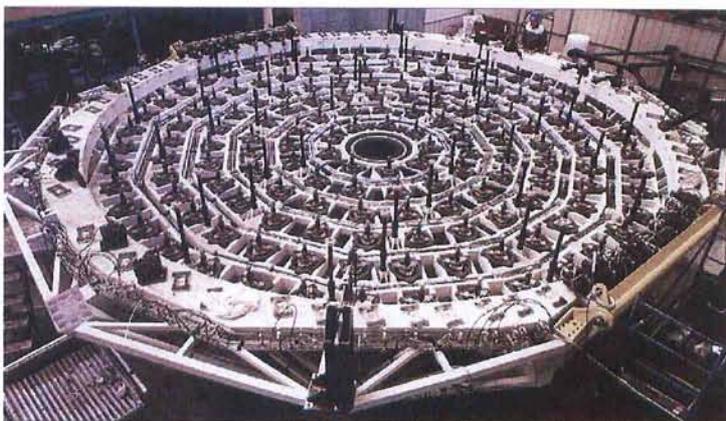


Preparazione dello specchio primario del James Webb Space Telescope in vista di test criogenici alla NASA

adottati nei telescopi segmentati sono nell'ordine di grandezza di 1m, ciò semplifica la costruzione ed il trasporto dello specchio, riduce anche le imprecisioni sulla superficie a circa 20-40 nm, traguardo più difficile da raggiungere per uno specchio 10 volte più grande. Grazie all'utilizzo di più specchi di peso minore sono ridotte anche le deformazioni dovute al peso dello specchio. Il corretto posizionamento è garantito dall'adozione di ottica attiva.

Ottica Attiva

Una tecnica largamente utilizzata nei nuovi progetti per grandi telescopi è l'ottica attiva; questa tecnica prevede l'impianto all'interno della *cell* dello specchio di attuatori, che possono essere idraulici o piezoelettrici, al fine di mantenere la forma dello specchio quanto più aderente possibile al disegno del progettista. Questa tecnica è utilizzata per compensare le deformazioni create dalla forza di



Cell dello specchio primario di uno dei due telescopi Gemini che include attuatori dedicati all'ottica attiva

gravità sia su specchi monolitici che segmentati; negli specchi segmentati questa tecnica facilita il mantenimento della corretta posizione da parte delle varie unità.

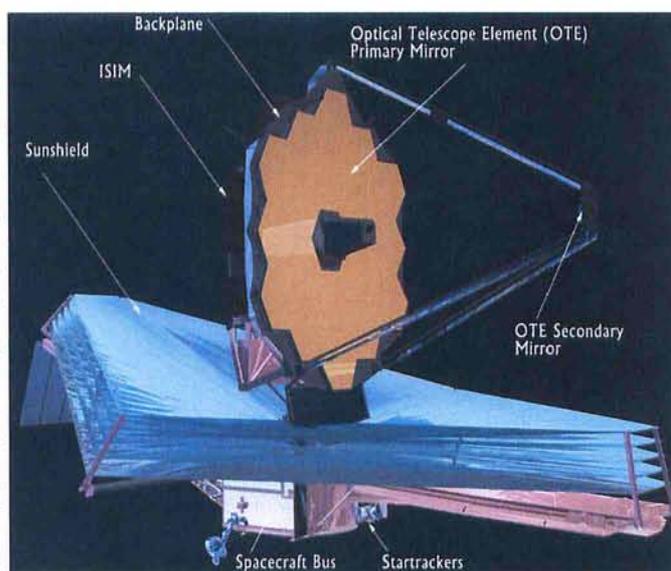
Siccome l'effetto della forza di gravità non varia in modo caotico e repentino questi pistoni si muovono ad una frequenza pari a 5 Hz; una frequenza non particolarmente elevata consente di non sottoporre lo specchio a sollecitazioni troppo elevate considerando che le correzioni date da questa tecnica possono modificare la forma dello specchio anche di millimetri rispetto alla forma che assumerebbe naturalmente se non adottasse tecniche di ottica attiva.

I Telescopi Spaziali

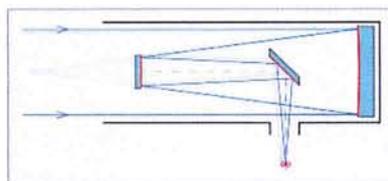
Per ovviare ai problemi creati dal seeing atmosferico è stato lanciato nel 1990 l'Hubble Space Telescope, il più famoso telescopio spaziale. Questi telescopi sono costosissimi a causa dell'elevato costo di costruzione, di connessione con gli scienziati a terra e soprattutto per il costo del lancio del telescopio e le eventuali missioni di manutenzione del telescopio. Il target fondamentale di ogni telescopio spaziale è senza dubbio la leggerezza, occorrono infatti 150'000 \$ per spedire in orbita un chilo di materiale, ciò rende ragionevole l'utilizzo di materiali più onerosi ma dalle migliori qualità fisiche quali il carburo di silicio (SiC) ed il berillio (Be). La missione dell'HST terminerà nel 2015, quindi è in corso di realizzazione un nuovo progetto per un grande telescopio ottico spaziale: il James Webb Space Telescope.

James Webb Space Telescope

Il JWST è un telescopio spaziale di nuova concezione: è dotato di uno specchio segmentato da 10 m composto da 18 unità esagonali da 1,3 m ciascuna. A differenza del suo predecessore HST, il JWST è dotato di una struttura aperta a 3 specchi di tipo Nasmyth che alleggerisce il telescopio eliminando la struttura cilindrica. L'assenza d'inquinamento luminoso da parte del Sole è garantito dalla posizione del telescopio. Il JWST orbiterà nel punto lagrangiano L2 del sistema Sole-Terra, un punto

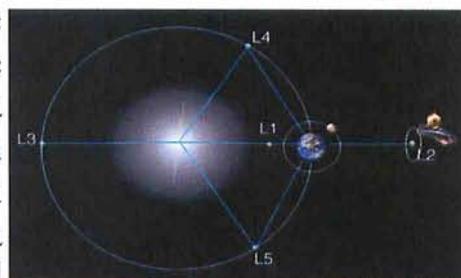


James Webb Space Telescope



Configurazione Nasmyth

geostazionario che permette al telescopio di essere illuminato dal Sole sempre dallo stesso lato, dove viene posto uno scudo termico in grado di porlo sempre in ombra. Questa particolare posizione garantisce anche una maggiore protezione da urti con oggetti vaganti in quanto le risonanze orbitali offrono ai corpi interessati particolari condizioni che proteggono i corpi da asteroidi a medio-breve periodo. Il JWST presenta sul lato che si affaccia al Sole e alla Terra uno scudo termico in polyimide, un sottile polimero che offre un isolamento termico elevatissimo pur mantenendo basso il peso durante il lancio. L'eccezionale apertura dello specchio del JWST (10m contro i 5m dell'HST) rende difficoltosa l'installazione del telescopio



Punto Lagrangiano L2

nella camera di lancio del razzo: sono state create due ali da 3 unità ciascuna che restano chiuse dentro la camera di lancio e si apriranno una volta raggiunto il punto L2; una procedura analoga verrà utilizzata per la struttura di sostegno dello specchio secondario.

Ottica Adattiva

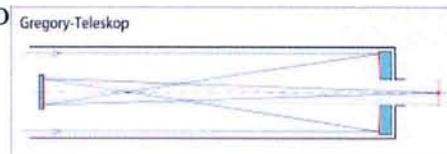
L'utilizzo di telescopi spaziali riesce ad ovviare al *seeing atmosferico*, tuttavia in alcuni casi sono necessari specchi oltre i 10 m, attualmente non pensabili in orbita. Per ottenere una migliore qualità dell'immagine e limitare i costi è stata sviluppata una tecnica chiamata ottica adattiva: essa è simile all'ottica attiva, ma sfrutta frequenze di lavoro maggiori (100 Hz invece di 5 Hz). L'ottica adattiva utilizza degli attuatori che compiono movimenti che arrivano fino alla precisione del μm seguendo le direttive fornite da sensori di fronte d'onda. Questi movimenti adattano lo specchio alla forma del fronte d'onda in modo da annullare gli effetti del *seeing atmosferico*. Questa tecnologia al momento non è applicata a specchi che superano i 30cm. L'ottica adattiva è applicata in alcuni progetti già funzionanti come il Very Large Telescope ed è prevista in tutti i progetti in fase di realizzazione, essi sono:

- Giant Magellan Telescope
- Thirty Meter Telescope
- European Extremely Large Telescope (E-ELT)
- Overwhelmingly Large Telescope (OWL)

Esaminiamoli ora in modo più dettagliato.

Giant Magellan Telescope

Il Giant Magellan Telescope è un progetto sviluppato da un team che comprende importanti università americane, australiane e il Korea Astronomy and Space Research Institute; è prevista l'inizio delle attività di osservazione nel 2018. Il sito identificato per la sua installazione è Cerro Los Campanas, un altopiano che si trova in Cile. Questo sito è particolarmente favorevole perché la cordigliera andina protegge la zona dalle perturbazioni che arrivano dall'Oceano Pacifico (questo telescopio è infatti vicino al deserto di Atacama, il più arido del mondo), l'altitudine (circa 2'550m) limita la quantità di atmosfera attraversata, quindi la probabilità che il fronte d'onda incontri una perturbazione è minore, l'inquinamento luminoso è pressoché nullo in quanto non ci sono grandi complessi urbani nelle vicinanze. Il Giant Magellan Telescope avrà un diametro complessivo di $\approx 25,5\text{m}$ grazie a 7 segmenti circolari da $\approx 8,4\text{m}$ ciascuno. Questo telescopio è molto interessante perché presenta due soluzioni ingegneristiche che semplificano



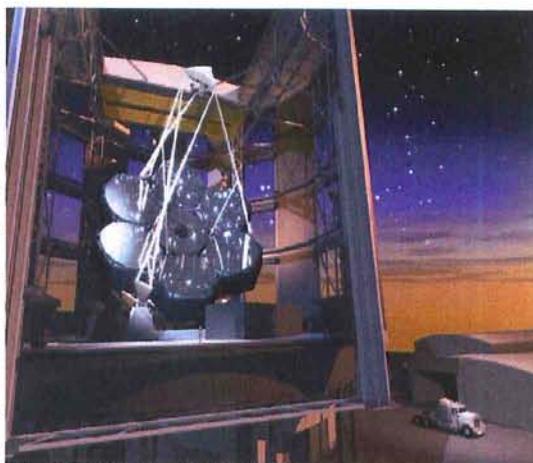
LF

il progetto e ne abbattano i costi:

- ➔ Particolare design gregoriano
- ➔ utilizzo di 7 unità circolari (1 centrale + 6 laterali)

Un design di tipo gregoriano è un design insolito che aumenta la lunghezza del telescopio a parità di magnificazione: il secondario è concavo e posto oltre il fuoco primario. Ciò permette però di posizionare dei diaframmi che eliminano raggi spuri che entrano nel sistema ottico. Il design ottico prevede uno specchio primario iperbolicoide, formato da 7 segmenti circolari, uno specchio secondario posto dopo il punto di fuoco dello specchio primario anch'esso iperbolicoide concavo formato da 7 segmenti, ognuno corrispondente ad uno del primario; il fuoco del telescopio si forma dietro allo specchio primario passando al centro di un'apertura che si trova al centro del segmento centrale dello specchio.

L'utilizzo della configurazione a 7 specchi permette di riuscire a mantenere operativo il telescopio anche nel caso di rottura di un'unità o di manutenzione della stessa: nel caso di mancanza dell'unità centrale per rottura o per ri-alluminatura ciò non inficia particolarmente sull'operatività del telescopio, in caso di mancanza di un'unità laterale è necessario la sostituzione con un'unità identica, quindi basta avere una sola unità di scorta per garantire l'operatività del telescopio.



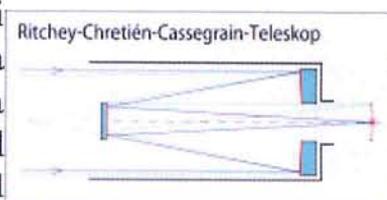
Modello 3D del GMT dove si può vedere la struttura a 7 specchi e la dome che lo racchiude

I vantaggi di questo telescopio sono senza dubbio la facilità di costruzione e di gestione e il costo non troppo elevato. Il difetto maggiore è la discontinuità dello specchio perché non raccoglie tutti i fotoni disponibili nella sua superficie virtuale, ma solo quelli che passano all'interno degli specchi.

Thirty Meter Telescope

Un progetto americano più sofisticato che non presenta i difetti di GMT è il Thirty Meter Telescope, esso presenta uno specchio primario segmentato da 30m formato da 492 segmenti esagonali ed un design Ritchey-Crétien. Il design Ritchey-Chrétien è un design molto simile al Cassegrain, il quale è la configurazione base dei telescopi moderni;

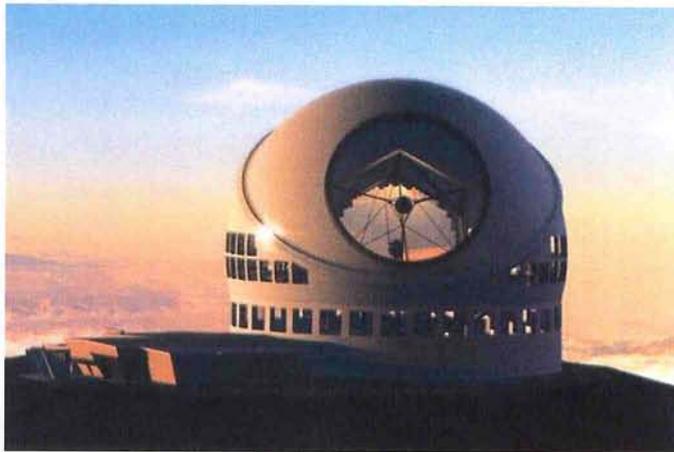
il design Ritchey-Chrétien sostituisce lo specchio primario parabolizzato del Cassegrain con uno iperbolizzato in modo da eliminare l'aberrazione coma e garantire la compattezza della struttura; il secondario è di tipo iperbolico convesso.



I più importanti obiettivi di questo telescopio sono:

- Studio dell'energia oscura e della materia oscura
- Studio delle prime stelle e galassie nell'Universo
- Studio del periodo della *ricombinazione*
- Studio della formazione ed evoluzione delle galassie per i precedenti 13 milioni di anni
- Studio della relazione tra buchi neri supermassicci e galassie
- Analisi stella per stella di galassie fino a 10'000'000 parsec di distanza
- Meccanica Celeste e formazione di stelle
- Scoperta e analisi di esopianeti
- Analisi chimica degli oggetti della fascia di Kuiper
- Analisi chimica e meteorologia dei pianeti del sistema solare
- Ricerca della vita al di fuori del sistema solare

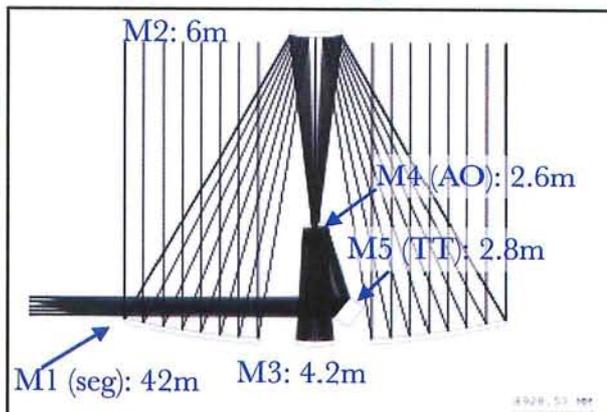
Questo telescopio sarà 10 volte più sensibile di ogni altro telescopio terrestre senza l'utilizzo di ottica adattiva 100 volte più sensibile con l'utilizzo di ottica adattiva. Il telescopio sarà posizionato nelle Hawaii sulla cima del vulcano Mauna Kea, ad oltre 4000 m d'altitudine dove sono presenti moltissimi altri telescopi, tra cui i due telescopi Keck, il telescopio Subaru, ed uno dei due telescopi Gemini.



Modello 3D del Thirty Meter Telescope

European-Extremely Large Telescope

Il progetto più importante al mondo in fase di realizzazione è l'E-ELT: un telescopio terrestre con uno specchio primario da 42m formato da 984 segmenti esagonali da 1,4m ciascuno che diverrà il più grande telescopio ottico mai costruito. E-ELT sarà collocato in Cile, a Cerro Armazones, per motivi analoghi al GMT; il progetto si sta



Schema ottico dell'E-ELT

Handwritten signature or initials.

sviluppando verso un innovativo design a 5 specchi, i primi 3 dotati di ottica attiva, gli ultimi due saranno dotati di strumenti di ottica adattiva (M4 sarà dedicato alla correzione di aberrazioni di grado superiore al primo, M5 sarà dedicato alla correzione dell'aberrazione tip-tilt, di primo grado). Sono stati pensati anche dei design Ritchey-Chrétien, Gregorians e a 6 specchi, ma quello a 5 specchi offre una serie minore di rischi. I principali obiettivi di questo telescopio sono:

- Ricerca e studio degli esopianeti
- Evoluzione degli esopianeti, dai giganti a quelli paragonabili alla Terra
- Studio degli ammassi di galassie
- Studio delle nebulose e delle supernovae
- Energia oscura e materia oscura
- Studio delle galassie con redshift maggiore (prime galassie)
- Formazione ed evoluzione delle galassie

L'E-ELT è il progetto più ambizioso in fase di realizzazione, il cui costo si aggira intorno al miliardo di €. Nonostante le immense proporzioni l'E-ELT non è il più grande progetto mai ideato, l'E-ELT è la “riduzione” di un progetto ben più grande: l'Overwhelmingly Large Telescope.

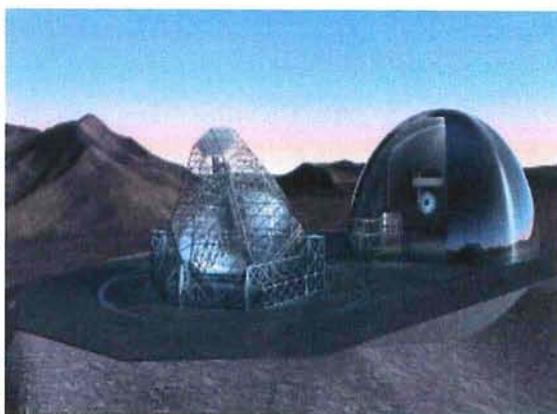


Modello 3D dell'E-ELT

Overwhelmingly Large Telescope

L'OWL è un progetto pensato dall'ESO che consiste in un telescopio con uno specchio primario da 100m con un design molto particolare: una struttura a 6 specchi composta da uno specchio primario sferico da 100m, un secondario piatto da 25.6m e un gruppo correttore formato da 4 specchi.

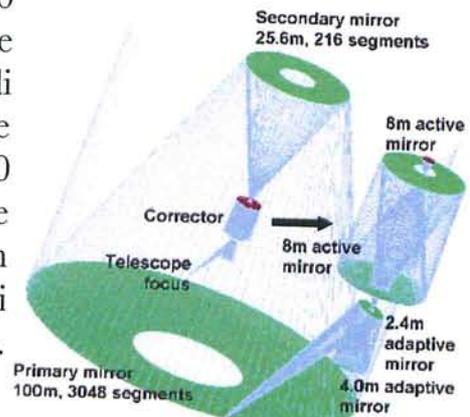
Lo specchio primario di questo telescopio è uno specchio segmentato formato da 3048



Modello 3D dell'OWL, è interessante notare la dome a scorrimento laterale

segmenti da 1.6m ciascuno in Zerodur® a profilo sferico. Lo specchio secondario è uno specchio piatto segmentato da 25.6m formato da 216 segmenti, ciò disturba la qualità dell'immagine, ma facilita l'installazione dello specchio perché non è necessaria una precisione estrema nel posizionamento. L'evidente aberrazione sferica che si genera è compensata dal gruppo correttore formato da 4 specchi che formano la parte finale del telescopio. M3 e M4 sono due specchi dedicati, grazie a tecniche di ottica attiva, alla correzione dell'aberrazione sferica generata da M1. M5 è uno specchio dotato di ottica adattiva che compensa aberrazioni di grado superiore al secondo, M6 è uno specchio dedicato alla correzione dell'aberrazione tip-tilt.

La struttura mobile arriverà a pesare 14800 tonnellate, ma può arrivare a sole 8500 tonnellate con l'utilizzo di carburo di silicio per la costruzione di tutti gli specchi. L'OWL sarà in grado di osservare con una magnitudine pari a 38 un'oggetto 1'000 volte meno luminoso dell'oggetto più debole osservato dall'Hubble Space Telescope. E sarà in grado di analizzare spettroscopicamente pianeti grandi come la Terra nelle 40 stelle più vicine al Sole.



Schema ottico dell'OWL

“Due cose riempiono l'animo di ammirazione e venerazione sempre nuova e crescente, quanto più spesso e più a lungo la riflessione si occupa di esse: il cielo stellato sopra di me, e la legge morale in me. Queste due cose io non ho bisogno di cercarle e semplicemente sopporle come se fossero avvolte nell'oscurità, o fossero nel trascendente, fuori del mio orizzonte; io le vedo davanti a me e le connetto immediatamente con la coscienza della mia esistenza.”

Immanuel Kant

Sitografia:

- ➔ it.wikipedia.org
- ➔ en.wikipedia.org
- ➔ www.jwst.nasa.gov
- ➔ www.gmto.org
- ➔ www.tmt.org
- ➔ www.eso.org/sci/facilities/eelt
- ➔ www.eso.org/sci/facilities/eelt/owl

Bibliografia

- ➔ Report presented by the ELT Telescope Design Working Group
- ➔ E-ELT Phase B Final Design Review (September 21-24 2010)
Report of the Review Board – Executive Summary
- ➔ Primary Mirror Segmentation Studies for the Thirty Meter Telescope