

# GLI ESERCIZI DI ASTRONOMIA

a cura di  
**ESA/ESO**

Esercizi di astronomia per studenti delle  
scuole superiori basati su osservazioni effettuate  
con il telescopio spaziale Hubble NASA/ESA  
ed i telescopi dell'ESO



## INTRODUZIONE





## ***Gli esercizi di Astronomia a cura di ESA/ESO***

L'astronomia è considerata generalmente una scienza visuale ed accessibile, che si rende ideale per scopi didattici. Nel corso degli ultimi anni, il telescopio spaziale Hubble della NASA<sup>1</sup> e dell'ESA<sup>2</sup> ed i telescopi dell'ESO<sup>3</sup> a La Silla e Paranal in Cile hanno mostrato panorami dell'Universo sempre più profondi e spettacolari. Comunque, Hubble ed i telescopi dell'ESO non hanno fornito soltanto immagini sorprendentemente nuove, ma costituiscono anche strumenti preziosi per gli astronomi. I telescopi hanno un'eccellente risoluzione sia spaziale che angolare (nitidezza d'immagine) e permettono di scrutare l'Universo più a fondo di quanto sia mai stato possibile e, dunque, trovare le risposte a questioni da lungo tempo insolte.

Le analisi di tali osservazioni, spesso sofisticate nel dettaglio, sono in alcuni casi sufficientemente semplici, in linea di principio, da offrire agli studenti della scuola secondaria l'opportunità di ripeterle da soli.

Questa serie di esercizi è stata prodotta dall'ESA, partner europeo del progetto Hubble che ha accesso al 15% del tempo di osservazione, in collaborazione con l'ESO.

L'obiettivo di questi esercizi è di presentare agli studenti alcuni progetti di ricerca scientifica in modo da trasmettere loro parte dell'entusiasmo e della soddi-

sfazione propri della ricerca scientifica. Infatti, usando considerazioni geometriche e fisiche elementari, gli studenti saranno in grado di giungere a risultati comparabili con quelli ottenuti con tecniche molto più sofisticate e descritte nei testi scientifici più avanzati.

In questa presentazione intendiamo offrire una visione d'insieme delle motivazioni ed idee che sono alla base di questo progetto, insieme ad una breve descrizione dei telescopi, della loro strumentazione e del loro modo di operare, in dettaglio sufficiente da chiarire il tipo di osservazioni presentate in questi esercizi.

Tutti gli esercizi sono costituiti da un testo introduttivo seguito da una serie di domande, misure e calcoli. Gli esercizi possono essere usati sia come libri di testo in una tradizionale lezione in aula o, considerato che in essi è possibile trovare tutte le istruzioni per operare, essere consegnati a gruppi di studenti come parte di un progetto inserito nel Piano dell'Offerta Formativa.

Gli esercizi sono realizzati in modo che ciascuno sia indipendente dagli altri; è quindi possibile decidere di seguire solo alcuni di essi se, ad esempio, il tempo a disposizione lo renda necessario. Comunque vi raccomandiamo, prima di iniziare, di leggere insieme agli studenti la dispensa "Strumenti".

<sup>1</sup>National Aeronautics and Space Administration

<sup>2</sup>European Space Agency

<sup>3</sup>European Southern Observatory



## Il telescopio spaziale Hubble

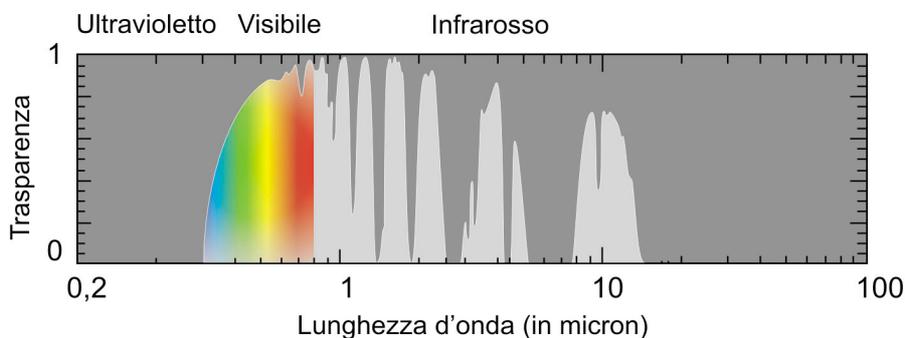
Il telescopio spaziale Hubble è stato collocato in orbita dallo Space Shuttle "Discovery" il 26 aprile 1990, 65 anni dopo che il pioniere della missilistica tedesco H. Oberth aveva previsto i vantaggi potenziali derivanti dalla possibilità di porre nello spazio osservatori astronomici, lontani dall'atmosfera terrestre. La prima proposta concreta per un grande telescopio spaziale è stata sottoposta alla NASA nei primi anni sessanta. Dopo una serie di studi di fattibilità, un programma congiunto NASA/ESA è stato finalmente approvato ed iniziato nel 1977. In quanto a risoluzione spaziale, Hubble supera di gran lunga tutti i telescopi installati a terra, anche se, con uno specchio primario di soli 2,4 m di diametro, non è un grande telescopio.

Le immagini raccolte dai telescopi sulla Terra sono tutte affette da distorsioni, introdotte dal passaggio della luce attraverso gli strati turbolenti dell'atmosfera terrestre. Indipendentemente dalla grandezza del telescopio, questo inevitabile "offuscamento" limita la risoluzione che può essere ottenuta nelle immagini astronomiche raccolte con i telescopi installati a terra, a circa mezzo secondo d'arco (1 arcsecondo = 1/3600 gradi). D'altra parte, nello spazio, la luce si propaga liberamente (le stelle non tremano) ed il limite di ogni telescopio è determinato soltanto dalla qualità intrinseca delle ottiche e dalla accuratezza con la quale può essere mantenuto il puntamento di un oggetto durante l'esposizione. Per questo motivo, le immagini raccolte da Hubble sono cinque volte più dettagliate delle stesse immagini prese a terra. La risoluzione delle immagini raccolte a terra è pressapoco equivalente alla lettura dei titoli di un giornale posto alla distanza di un chilometro, ma con Hubble è possibile leggere altrettanto bene anche le scritte più piccole!

È soprattutto il miglioramento della qualità delle immagini (di ben cinque volte) che rende il telescopio Hubble così speciale. Hubble, non solo permette agli astronomi di studiare con maggior definizione oggetti astronomici già familiari, ma riesce anche a rivelare e studiare oggetti prima sconosciuti, molto più deboli di quelli che è possibile osservare con i telescopi terrestri. In questo senso, Hubble ha espanso il volume di spazio astronomicamente osservabile.

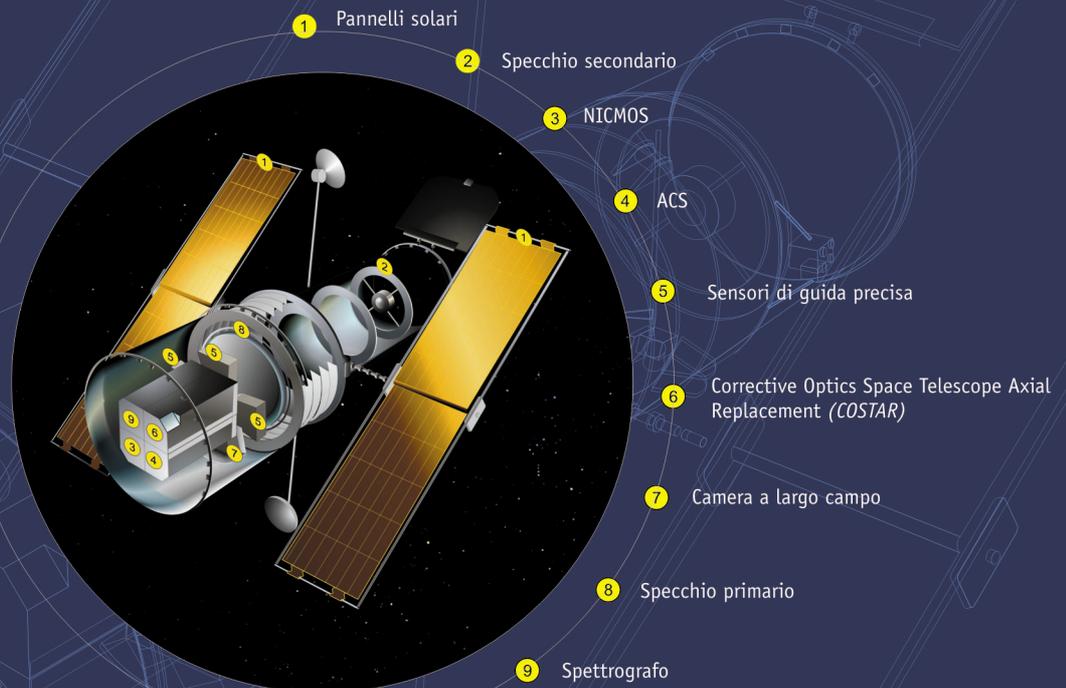
I telescopi che operano nello spazio hanno, rispetto ai telescopi a terra, anche la capacità di raccogliere un intervallo maggiore dello spettro elettromagnetico irradiato dagli oggetti astronomici, poiché non subiscono l'assorbimento causato dall'atmosfera (vedi Figura 1).

Questo significa che Hubble, non solo può osservare gli oggetti celesti nell'intervallo della luce visibile, ma anche nell'ultravioletto e nell'infrarosso. La regione spettrale ultravioletta è di particolare importanza per gli astronomi poiché contiene la maggior parte delle cosiddette "transizioni atomiche" degli elementi più comuni. Tutti gli elementi chimici hanno la loro propria "impronta" caratteristica, sono cioè in grado di assorbire ed emettere luce di lunghezze d'onda particolari, ed è individuando queste "impronte" nello spettro degli oggetti celesti che possiamo determinarne la composizione chimica, la temperatura e le proprietà fisiche.



**Figura 1: Assorbimento della radiazione da parte dell'atmosfera terrestre**  
Gli oggetti astronomici emettono luce su un ampio intervallo di lunghezze d'onda, ma soltanto alcune di esse possono penetrare l'atmosfera terrestre. La maggior parte di esse infatti viene assorbita o diffusa dall'atmosfera. Il diagramma mostra la trasparenza dell'atmosfera in funzione della lunghezza d'onda. Da tale grafico si può dedurre che la luce ultravioletta è quasi totalmente assorbita o diffusa, così come una larga frazione della radiazione infrarossa.

## Il Telescopio Spaziale Hubble



### La strumentazione

L'insieme degli strumenti presenti a bordo di Hubble — 2 macchine fotografiche, 2 spettrografi ed un set di 3 precisi sensori di guida — rendono possibili un'ampia varietà di osservazioni. La camera a largo campo (WFPC2) è la principale macchina fotografica sull'Hubble. È capace di raccogliere immagini del cielo attraverso un'ampia scelta di filtri, da lunghezze d'onda di 1000 nm nel vicino infrarosso fino a 115 nm nell'ultravioletto.

### Il veicolo spaziale

Specchio primario	<i>Ottica Ritchey-Chrétien</i>	2,4 m
Lunghezza totale		15,9 m
Diametro (pannelli solari riposti)		4,2 m
Lunghezza pannelli solari		12,1 m
Peso		11,110 kg
Precisione di puntamento		7 miliardesimi di secondo per 24 hrs

### L'orbita

Altitudine (inizialmente)		598 km
Inclinazione rispetto all'equatore		28,5 gradi
Durata della missione		20 anni (fino al 2010)

Maggiori informazioni, anche di carattere tecnico, circa il telescopio spaziale Hubble NASA/ESA potranno essere trovate al centro informazioni Hubble dell' Agenzia Spaziale Europea <http://hubble.esa.int>

## Il VLT (Very Large Telescope) dell'ESO

Il Very Large Telescope (VLT) dell'ESO è il più grande telescopio ottico esistente. Alcune iniziative con l'obiettivo di realizzare un grande telescopio Europeo ebbero inizio già alla fine degli anni '70. Il progetto di base del VLT è stato ampiamente discusso tra gli astronomi Europei nei primi anni ottanta. Basandosi su un programma dettagliato ed un piano finanziario associato per la costruzione e la successiva fase operativa, il consiglio dell'ESO diede il via al progetto nel Dicembre 1987.

L'ESO, un'organizzazione di ricerca intergovernativa, è stato fondato nel 1962 da Belgio, Francia, Germania, Olanda e Svezia, "con il desiderio di creare congiuntamente un osservatorio equipaggiato con strumenti avanzati nell'emisfero australe e di comune accordo promuovere ed organizzare la cooperazione tra gli

astronomi". Da allora la Danimarca, l'Italia, il Portogallo e la Svizzera sono entrate a farne parte. La Gran Bretagna vi entrerà nel 2002. Recentemente altre nazioni hanno espresso interesse per entrare a far parte dell'ESO.

L'ESO opera con due osservatori all'avanguardia, Paranal e La Silla. Cerro Paranal, una montagna alta 2635 m (24 gradi 37 min Sud, 70 gradi 24 min Ovest), è situata nella parte settentrionale del Cile, a 12 km dalla costa del Pacifico, 130 km a Sud di Antofagasta, 1200 km a Nord di Santiago del Cile, e 600 km a Nord di La Silla. Il sito è posto in una delle aree più aride del mondo, il deserto di Atacama. Poiché il cattivo tempo è il maggior nemico degli astronomi, l'ESO ha condotto approfonditi studi climatici prima di scegliere Cerro Paranal come sito per il VLT. Qui, infatti, si raggiungono 350 notti serene all'anno.

Il VLT consiste di quattro Telescopi (UT, Unit Telescopes) da 8,2 m, misura che indica il diametro dei quattro specchi primari. Il secondario ed il terziario sono molto più piccoli. Poiché la luce attraversa l'atmosfera terrestre le immagini dovrebbero essere distorte (per la stessa ragione le stelle sembrano tremolare). Il VLT utilizza un sistema di ottica adattiva che è stato sviluppato per correggere questo effetto indesiderato, cosicché le immagini registrate dai telescopi risultano nitide come se il VLT fosse nello spazio.

Il VLT è equipaggiato con molti strumenti astronomici ad alta tecnologia. I quattro telescopi da 8.2 m sono entrati in funzione alla fine dell'anno 2000. Con essi sono già stati ottenuti molti risultati scientifici di grande rilevanza.

Inoltre sono in via di costruzione tre Telescopi Ausiliari (AT) da 1,8 m. È possibile usare ogni UT da solo o, quando sarà terminata la costruzione degli AT, combinare tutti i telescopi in un unico strumento detto Interferometro VLT (VLTI). Quando il VLTI sarà completato, avrà la stessa nitidezza d'immagine di un telescopio di 200 metri di diametro. Le prime osservazioni con il VLTI sono state effettuate nel 2001.



**Figura 2: La mappa del Cile**

Sono indicati i luoghi dove sorgono i due osservatori dell'ESO in Cile, La Silla e Paranal.

## Il VLT (Very Large Telescope) dell'ESO

### ANTU e FORS

I lavori di costruzione a Cerro Paranal ebbero inizio nel 1991 e sei anni più tardi, nel 1997, il primo dei quattro specchi è arrivato alla sua destinazione finale. Dopo l'installazione, le prime immagini sono state raccolte con ANTU (il primo degli UT) come previsto, il 25 e 26 maggio 1998. ANTU significa "Sole" nella lingua Mapuche. Gli altri tre telescopi giganti hanno visto la loro "prima luce" rispettivamente nel marzo del 1999, nel gennaio 2000 e nel settembre del 2000.

I telescopi unitari del VLT hanno una montatura chiamata altazimutale. Con questa montatura il tubo del telescopio si muove attorno all'asse orizzontale (l'asse di elevazione). I due portanti, che reggono il tubo, sono montati su una forcella ruotante attorno ad un asse verticale (l'asse di azimut) in modo da poter puntare qualunque oggetto della volta celeste.

Il 15 settembre 1998, FORS1 (FOcal Reducer and Spectrograph) è stato montato su ANTU, ed ha inizia-

to a fornire alcune immagini astronomiche davvero eccezionali. FORS1 e gli altri strumenti del VLT hanno aperto una ricca serie di nuove opportunità per l'astronomia europea.

FORS1, con il suo gemello (FORS2), è il frutto di uno dei più completi ed avanzati studi tecnologici mai fatti per uno strumento astronomico usato a terra. Questi strumenti sono "multi-funzione" possono cioè essere usati in molti differenti modi di osservazione. Per esempio, è possibile prendere un'immagine con due differenti fattori di ingrandimento, o spettri a risoluzione differente per più di un oggetto contemporaneamente. In questo modo, FORS può esaminare la foto di galassie distanti ed immediatamente registrarne lo spettro in modo che il tipo e le distanze delle stelle nelle galassie possano essere subito ricavate.

Maggiori informazioni circa il VLT dell'ESO possono essere trovate all'indirizzo: <http://www.eso.org>.

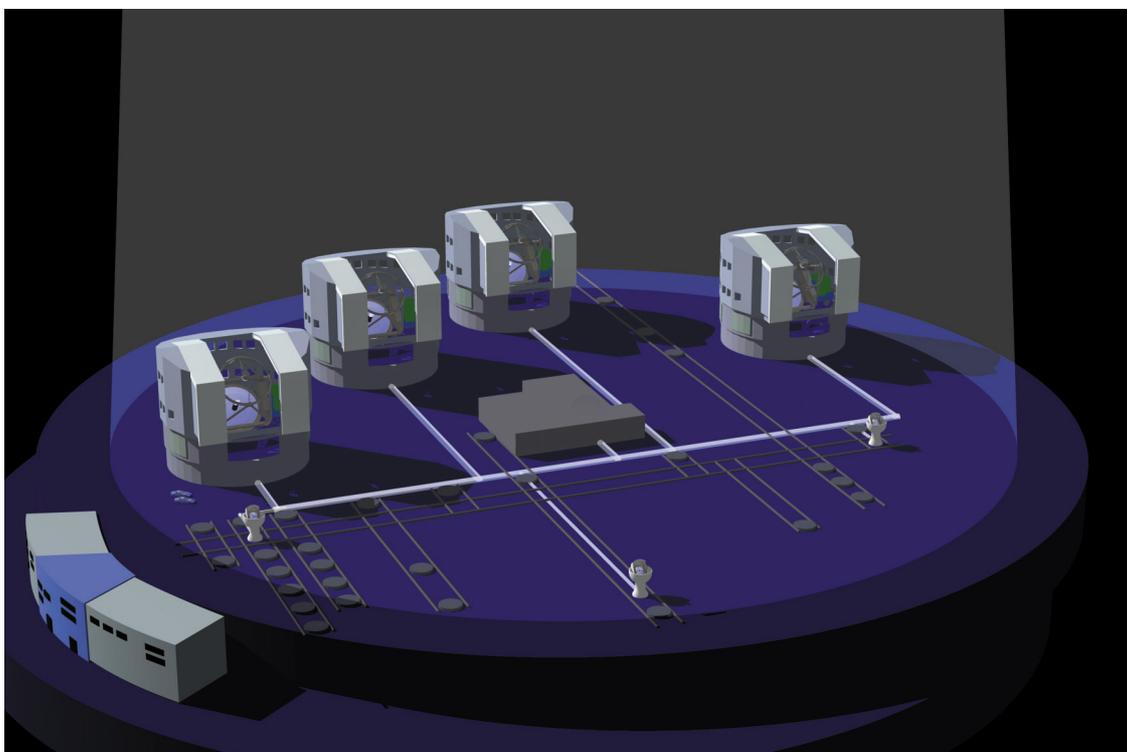


Figura 3: Uno schema dell'interferometro VLT



[www.astroex.org](http://www.astroex.org)

