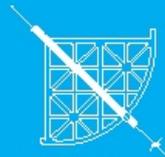


Venere SUL Sole



UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI ASTRONOMIA



ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
OSSERVATORIO ASTRONOMICICO DI BOLOGNA

26 maggio - 20 giugno 2004

Oratorio di Santa Cecilia, via Zamboni 15

Mostra "Il transito di Venere e la misura delle distanze astronomiche"

Pannelli con testi e immagini, ipertesti e strumenti narrano la vicenda del passaggio di Venere e delle sue osservazioni nei secoli, spiegando come si sia giunti alla determinazione della distanza tra la Terra e il Sole.

Realizzazione **Ed&Co.**

Orario di apertura: 10-13; 14-18 (in giugno, 15-19)

Tutti i giorni, eccetto sabato e domenica, alle ore 16.30 visita guidata alla mostra.

E' possibile scaricare le immagini dei pannelli presenti nella mostra (in formato pdf, dimensioni A4)

L'Osservazione

Il Viaggio

Il Sistema Solare

I Miti

L'Astronomia a Bologna

Alcune immagini della mostra





L'Osservazione

Cos'è il passaggio di Venere sul disco del Sole?

"In mezzo a tutti gli astri sta il Sole. In effetti, chi potrebbe collocare questa 'lampada' in un luogo diverso o migliore di quello da cui possa illuminare tutto quanto insieme?"

Niccolò Copernico
De Revolutionibus Orbium Coelestium (1543)

Oggi sappiamo con certezza quanto avevano già intuito Copernico, Keplero e Galilei: il Sole regola con la forza di attrazione gravitazionale il moto degli altri corpi del Sistema solare, illuminati e riscaldati dall'energia da esso prodotta.

Nel compiere le loro regolari rivoluzioni intorno al Sole, a causa delle differenti velocità con cui si muovono lungo le loro orbite, alcuni pianeti possono trovarsi periodicamente allineati con la Terra.

Tra questi allineamenti, quello tra Terra, Venere e Sole è stato molto importante per gli astronomi negli ultimi secoli.

Ogni 19 mesi Venere viene a trovarsi tra la Terra e il Sole: è quella che gli astronomi chiamano una "congiunzione inferiore".

Se all'atto di questa congiunzione anche i piani delle orbite, lungo le quali Terra e Venere si muovono (inclinati tra di loro di circa tre gradi e mezzo), si trovano in una particolare condizione, allora si verifica anche la rara coincidenza che i due pianeti giacciono su di una linea immaginaria che li congiunge con il Sole.

È solo in questo caso che dalla Terra si può osservare lo straordinario evento del passaggio di Venere proprio davanti al disco solare.

Si tratta di un allineamento analogo a quello che avviene tra Terra, Luna e Sole durante un'eclissi di Sole, salvo che, a causa delle distanze tra i tre corpi celesti e delle loro dimensioni relative, Venere non riesce a oscurare il Sole.

Infatti, il disco di Venere proiettato sul Sole ha le dimensioni di un primo d'arco, cioè di appena un trentesimo del disco solare, ai limiti della possibilità di osservazione ad occhio nudo.

Un allineamento analogo si verifica anche con Mercurio, ma le dimensioni apparenti del pianeta sono di appena dieci secondi d'arco, quindi questo transito non è assolutamente osservabile a occhio nudo.

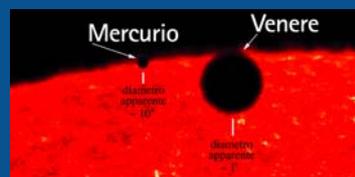
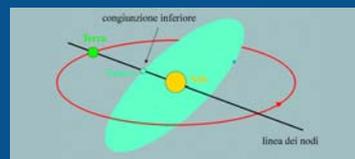
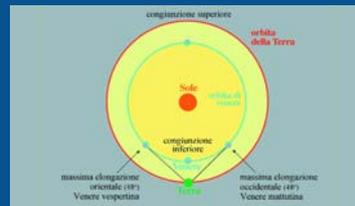
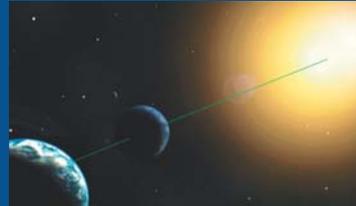
Fu Keplero, in un suo famoso avviso agli astronomi (*Admonitio ad curiosos rerum coelestium* del 1629), il primo a prevedere la possibilità di un allineamento di questo tipo per il 1631. Il grande astronomo tedesco morì nel 1630 e non riuscì a osservare il fenomeno.

Per la combinazione delle differenti velocità e inclinazioni delle orbite, questa singolare situazione astronomica si presenta con una coppia di eventi, separati da otto anni, che si ripropone alternativamente ogni 121 anni e mezzo e ogni 105 anni e mezzo.

Dai tempi della prima previsione di Keplero si sono verificate solo tre coppie di tali eventi: l'ultima alla fine dell'Ottocento.

Il primo passaggio della coppia successiva è proprio quello del giugno di quest'anno e il prossimo avverrà nel giugno del 2012.

Dopodiché, per assistere dalla Terra a un nuovo passaggio di Venere sul Sole, bisognerà attendere più di un secolo e questo spiega l'eccezionalità dell'avvenimento.



Il transito di Mercurio del 1999 ripreso dalla sonda SOHO. È stata aggiunta l'immagine di Venere in scala per dare un'idea delle rispettive proporzioni dei due pianeti. (NASA/ESA)



Giacomo Balla, *Mercurio passa davanti al sole*, 1914 (tempera su carta foderata, 120x100cm). Il passaggio di Mercurio davanti al Sole del 1914, osservato al telescopio, venne interpretato astrattamente da Giacomo Balla attraverso cerchi (la rotazione) e triangoli (la penetrazione). Nella parte superiore del dipinto Mercurio (cerchio piccolo) incrocia il Sole (cerchio grande). I triangoli bianchi rappresentano i raggi solari, mentre il triangolo verde è un effetto luminoso osservato dall'artista al telescopio. (Collezione Gianni Mattioli; deposito temporaneo Collezione Peggy Guggenheim, Venezia)



L'Osservazione

Consigli per le Osservazioni

Il prossimo passaggio di Venere sul disco solare sarà interamente visibile l'8 giugno 2004 in Europa, Medio Oriente, buona parte dell'Africa (salvo la parte occidentale) e dell'Asia (eccetto le zone orientali).

Un transito planetario è caratterizzato dai quattro contatti del pianeta con il bordo del disco solare: il contatto esterno in ingresso (I), il contatto interno in ingresso (II), il contatto interno in uscita (III) ed il contatto esterno in uscita (IV). I tempi del transito variano da luogo a luogo a causa della parallasse geocentrica di Venere e del fuso orario: nella *figura lato* sono riportati i tempi di questi istanti per la città di Bologna.

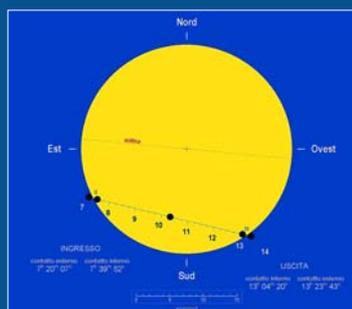
Un osservatore, anche se dotato di buona vista, potrà seguire con difficoltà il passaggio di Venere senza l'aiuto di una apposita strumentazione. Le dimensioni angolari di Venere sono al limite del potere risolutivo dell'occhio umano. Inoltre tutte le volte che si osserva il Sole, anche ad "occhio nudo", bisogna sempre utilizzare opportuni filtri solari e non semplici occhiali, negativi fotografici, o vetri anneriti.

È importante ricordare che osservare il Sole senza una adeguata protezione, anche solo per brevi istanti, può tradursi in gravi danni permanenti alla vista.

Il metodo più semplice e sicuro per compiere osservazioni solari consiste nell'impiegare un piccolo telescopio o un binocolo per proiettare l'immagine del Sole su un foglio di carta o su uno schermo in modo da evitare la visione diretta. In assenza del telescopio o del binocolo, si può anche utilizzare un semplice pezzo di cartone con un piccolo foro, che proietti l'immagine solare sullo schermo.



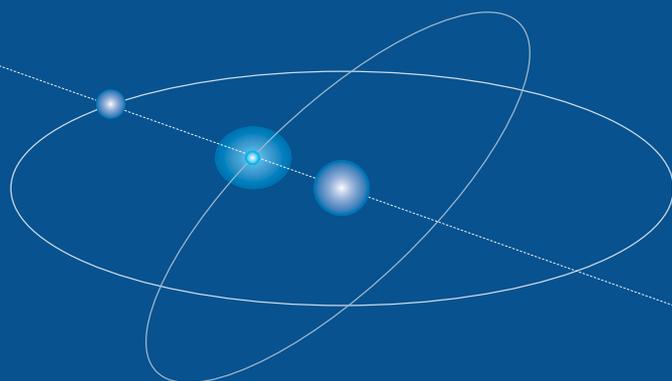
Visibilità del passaggio di Venere dell'8 giugno 2004.



Passaggio di Venere dell'8 giugno 2004 da Bologna.



Metodo di proiezione.



L'Osservazione

Perché gli astronomi hanno osservato per secoli il transito di Venere?

Quanto è lontano il Sole?

Quanto è grande il Sistema solare?

Gli astronomi hanno tentato di rispondere a queste domande, sin dai tempi più antichi, per comprendere le dimensioni del Cosmo allora conosciuto. È un po' quanto avviene oggi, quando cerchiamo di capire quanto è grande il nostro Universo.

Fino al Cinquecento, si pensava che il Sole fosse a meno di dieci milioni di chilometri da noi. Nel secolo successivo, questa distanza aumentò sino a poco più di cento milioni di chilometri, ma l'accuratezza con cui si riusciva a misurare era così bassa che era come se si fosse misurato un ragazzo o una ragazza alti 150 centimetri con una precisione di 30 cm: la loro altezza poteva risultare 120 o 180 cm!

La previsione del passaggio di Venere sul disco solare nel 1631, fatta da Keplero, consentì di sviluppare un metodo molto efficace per misurare la distanza del Sole. Lo stesso Keplero aveva anche trovato un relazione semplice e regolare tra la distanza di un pianeta dal Sole e il tempo che il pianeta stesso impiega a ruotargli intorno. Questo si esprime con la *Terza legge di Keplero* che afferma che il rapporto tra il quadrato del periodo di rivoluzione di un pianeta e il cubo della sua distanza media dal Sole è costante e uguale per tutti i pianeti. Fisicamente, si spiega con il fatto che, quanto più un pianeta è lontano, tanto meno sente la forza di attrazione del Sole e, quindi, gli ruota intorno più lentamente.

Di conseguenza, una volta misurata la distanza di un pianeta qualsiasi dal Sole, essendo già ben conosciuti i periodi di rivoluzione, si sarebbero trovate immediatamente le distanze di tutti gli altri, rispondendo alle domande che avevano tormentato gli astronomi per secoli.

Un giovane astronomo scozzese, James Gregory, suggerì, nel Seicento, di utilizzare il passaggio di Venere sul disco solare per misurare la distanza del Sole.

Fu Edmund Halley (quello della famosa cometa) a sviluppare, poco dopo, un metodo geometrico, concettualmente molto semplice, che fu utilizzato dagli astronomi nei secoli successivi.

Era sufficiente osservare il passaggio di Venere da due punti diversi della superficie terrestre, annotando gli istanti durante i quali si vedeva l'immagine del pianeta entrare nel disco solare, percorrerlo e uscirne.

Da queste osservazioni si poteva risalire alla distanza della Terra dal Sole e, con la *Terza legge di Keplero*, alle distanze di tutti i pianeti.

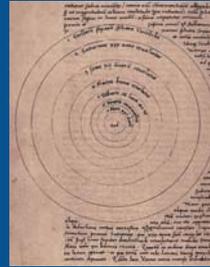
Il metodo, molto semplice in teoria, presentava in pratica enormi problemi.

Innanzitutto, il passaggio di Venere non è osservabile contemporaneamente da qualunque luogo sulla Terra, il che costringe gli astronomi a lunghi e faticosi viaggi per compiere le osservazioni.

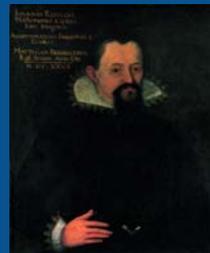
Inoltre, il metodo richiede che siano eseguite molto accuratamente sia le misure delle coordinate terrestri dei luoghi di osservazione, che quelle dei tempi del passaggio di Venere sul disco solare.

Per di più, non essendovi allora l'ausilio dei calcolatori, i calcoli necessari a confrontare le osservazioni eseguite dai diversi astronomi per ottenere dei risultati rigorosi erano molto lunghi e laboriosi.

Questo spiega l'importanza che ha avuto nei secoli scorsi l'osservazione di un fenomeno astronomico così raro, come il passaggio di Venere sul disco del Sole: gli astronomi volevano sfruttare l'opportunità per conoscere finalmente le dimensioni del nostro Sistema solare!



Il Sistema copernicano, del 1543, poneva il Sole al centro del Sistema solare e i pianeti ordinatamente in rivoluzione attorno ad esso, permettendo di esprimere le distanze in funzione delle dimensioni dell'orbita terrestre.



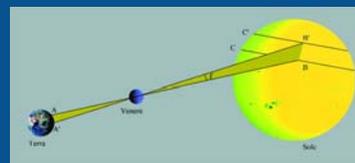
Johannes Kepler.



L'ingresso di Venere sul disco solare nel 1761, in un disegno di M.V. Lomonosov.



Jeremiah Horrocks osserva il passaggio del 1639, in un dipinto di J.W. Lavender del 1903. (Astley Hall Museum & Art Gallery, Charley)



Un osservatore posto in un osservatorio sulla Terra (A) vedrà Venere muoversi sul Sole lungo la linea C, mentre un osservatore posto in un altro osservatorio (A') lo vedrà muoversi lungo la linea C'. Nello stesso istante, Venere apparirà ai due osservatori in due punti diversi (B e B'). La distanza tra i due osservatori (A e A') è data dalla differenza tra le coordinate geografiche dei due luoghi sulla Terra. La distanza tra i due punti (B e B') in cui si osserva contemporaneamente l'immagine di Venere sul Sole (angolo θ) può essere ottenuta misurando la differenza della durata del transito nei due luoghi di osservazione. Da questi dati si risale alla distanza Terra-Sole cercata.

L'Osservazione

Le Osservazioni del transito dal Seicento all'Ottocento

"L'osservazione del passaggio di Venere sul disco solare sarà, nel prossimo secolo, l'unico modo per scoprire la reale distanza della Terra dal Sole."

Edmund Halley (1691)

Sin dalla prima previsione di Keplero del passaggio dei pianeti interni sul disco solare, fu subito chiara l'importanza dell'osservazione di questi fenomeni per approfondire la conoscenza del Sistema solare, delle dimensioni relative dei corpi che lo compongono e delle distanze planetarie.

L'esortazione di Keplero fu seguita dal parigino Gassendi. Nel novembre del 1631 egli osservò il passaggio di Mercurio, il cui diametro si rivelò circa dieci volte più piccolo di quanto prevedevano le stime precedenti. Il mese successivo, Gassendi si preparò ad osservare il passaggio di Venere; l'incertezza riguardo alla previsione di Keplero lasciava aperte le speranze di poter seguire l'evento da Parigi dove si trovava l'astronomo. Ma le speranze di Gassendi furono disilluse, il passaggio di Venere del 7 giugno 1631 si verificò quando a Parigi era ancora notte fonda.

I primi a osservare un passaggio di Venere furono Jeremiah Horrocks e William Crabtree nel 1639, ma misure accurate vennero condotte solo nei passaggi dei secoli successivi.

Il metodo geometrico elaborato da Halley, poi perfezionato da Nicolas Delisle, permetteva di calcolare con estrema precisione il valore della distanza che separa la Terra dal Sole, con misure eseguite da almeno due punti della superficie terrestre il più possibile lontani. Poiché un transito planetario non è mai interamente visibile da tutta la Terra, furono organizzate avventurose spedizioni scientifiche in luoghi spesso ancora inesplorati.

Ricordiamo la spedizione italiana in India, a Muddapur, organizzata da Pietro Tacchini in occasione del passaggio di Venere del 1874, il cui strumento principale era il rifrattore Steinheil della specola bolognese.

Oltre alle difficoltà di tipo ambientale che dovevano affrontare gli astronomi in viaggio, uno dei problemi principali contro la buona riuscita della misura dei tempi di transito era il cosiddetto fenomeno della "goccia nera". Si tratta del prolungamento dell'immagine scura del disco di Venere verso il bordo del disco solare nelle fasi di contatto interno. Tale effetto ottico, che pregiudica la misura dell'istante preciso di inizio e fine del passaggio, fu analizzato dettagliatamente da Guido Horn d'Arturo, direttore dell'Osservatorio Astronomico Universitario bolognese nella prima metà del secolo scorso, il quale giunse alla conclusione che si trattava di una deformazione apparente legata a effetti di astigmatismo.

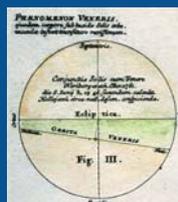
Uno studio completo dell'enorme quantità di dati provenienti dalle osservazioni settecentesche fu ultimato solamente nel 1890 dall'astronomo americano Simon Newcomb.

Dalla fine dell'Ottocento, lo stesso metodo iniziò ad essere utilizzato per il passaggio davanti al Sole del pianettino Eros. Le dimensioni di Eros, molto inferiori a quelle di Venere, consentono di individuarne la posizione sul disco Solare con grande accuratezza.

Il valore della distanza Terra-Sole oggi accettato è stato ottenuto con metodi diversi, basati sulle moderne tecnologie (radar, satelliti artificiali, sonde planetarie).

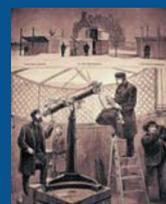
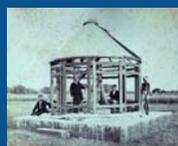


Crabtree osserva il passaggio di Venere del 1639. (dipinto di F.M. Brown, Manchester City Galleries)



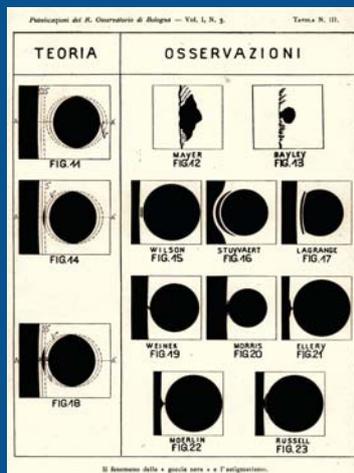
A sinistra. Johann Doppelmayr: Atlas coelestis, 1742. (Collezione Charles Bueter)

A destra. Chappe osserva il passaggio di Venere del 1761 dalla Siberia. (J. Chappe d'Auteroche: Voyage en Sibérie, Paris, 1768)



A sinistra. Una delle postazioni allestite dalla spedizione italiana in India per osservare il passaggio di Venere del 1874. (Cortesia di Illeana Chinnici, INAF - Osservatorio astronomico di Palermo)

A destra. Astronomi americani all'opera presso il Trinity College di Hartford in occasione del passaggio del 1892. (Illustrazione Italiana, 1893, n. 1)



La goccia nera illustrata da Guido Horn d'Arturo. (G. Horn d'Arturo: "Il fenomeno della "goccia nera" e l'astigmatismo", Pubblicazioni dell'Osservatorio astronomico della R. Università di Bologna, 1922, vol. I, n. 3)



Serie di fotografie del passaggio di Venere del 1874 realizzate dalla spedizione francese nell'isola di St. Paul nell'Oceano Indiano. (Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides - Observatoire de Paris)

Come è cambiata la conoscenza della distanza Terra-Sole nel tempo (valori stimati secondo le unità di misura dell'epoca e riportati approssimativamente in chilometri).

| | data | distanza media TERRA-SOLE (km) | | data | distanza media TERRA-SOLE (km) |
|-------------------|--------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|
| Anassimandro | V sec. a.C. | c. 350 000 | media osservazioni (Venere) | 1761-1769 | c. 151 000 000 |
| Ipparco | II sec. a.C. | c. 15 000 000 | Newcomb (Venere) | 1890 | 149 668 465 |
| Tolomeo | II sec. d.C. | c. 8 000 000 | pianettino Eros | 1900 | 149 552 887 |
| Copernico | 1543 | c. 9 600 000 | radar (IAU)* | 1976 | 149 597 870 |
| Keplero | 1609 | c. 22 400 000 | radar + Viking | 2000 | 149 597 836 |
| Horrocks (Venere) | 1639 | c. 87 700 000 | | | |

* (International Astronomical Union)

L'Osservazione

6 giugno 1761: il transito da *Bologna*

Oltre a organizzare, in occasione dei transiti settecenteschi, avventurose spedizioni nei quattro angoli del globo, tutti i grandi Osservatori predisposero osservazioni locali dell'eccezionale evento. Così pure la Specola di Bologna, al tempo una delle più importanti d'Europa.

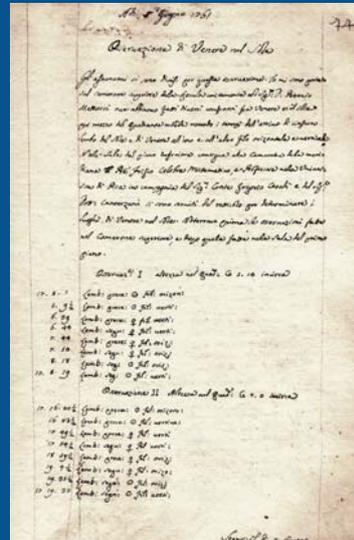
Era direttore allora Eustachio Zanotti, coadiuvato dagli assistenti Petronio Matteucci (suo successore alla guida della Specola) e Sebastiano Canterzani (futuro Segretario dell'Istituto delle Scienze), dai due membri dell'Accademia Gregorio Casali e Tommaso Marini e dal celebre matematico e filosofo milanese Paolo Frisi, al tempo docente all'Università di Pisa e unitosi al gruppo per l'occasione.

La cronaca della giornata e i risultati delle osservazioni, pubblicati nei *Commentarii* dell'Accademia delle Scienze, si trovano nei diari di osservazione conservati nell'Archivio del Dipartimento di Astronomia, datati 5 giugno – e non 6: infatti gli astronomi cominciavano a contare le ore del giorno a partire da quello che noi oggi chiamiamo mezzogiorno locale, per loro le ore 24, mentre la mezzanotte corrispondeva alle ore 12. Le cose erano ulteriormente complicate dal fatto che l'orario civile in uso a Bologna a quel tempo, definito ora "italiana da campanile", prevedeva l'inizio del computo delle ore a partire da mezz'ora dopo il tramonto: la cosiddetta *Ave Maria*.

In quell'alba estiva, gli astronomi pronti ad osservare il passaggio di Venere erano sei, ognuno con un diverso strumento: Zanotti utilizzò un quadrante mobile, gli altri dei cannocchiali muniti di reticoli formati da fili, che servivano da riferimento per seguire il moto dei corpi celesti nell'oculare. La misura era scandita dal battito del pendolo di due orologi regolati con grande precisione.

Nonostante le cattive condizioni meteorologiche della notte precedente il transito, poco prima dell'alba il cielo era sereno e le osservazioni ebbero regolarmente luogo. I convenuti erano divisi in due gruppi, uno al piano superiore della Specola e l'altro al piano di sotto, accanto alla sala Meridiana che ancora oggi chi visita il Museo della Specola può vedere.

I nostri astronomi riuscirono a misurare ben 14 posizioni di Venere sul disco solare, a intervalli di circa venti minuti, compresa l'uscita dell'immagine del pianeta dal disco solare. Da questi elementi fu possibile risalire alla traiettoria di Venere sul Sole e ai parametri dell'orbita. Negli anni successivi, il lavoro di Zanotti fu criticato dall'astronomo francese Alexandre Pingré, che riteneva i dati bolognesi inaffidabili: si dimostrò che il francese era in errore!



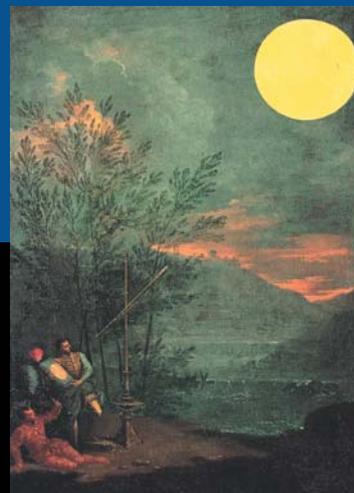
Pagina manoscritta dei diari di osservazione. (Archivio storico del Dipartimento di Astronomia di Bologna)



Il reticolo di fili che servivano da riferimento per seguire il moto degli astri nel telescopio. (Museo della Specola di Bologna)



La sala meridiana della Specola completamente restaurata nel 1979. (Museo della Specola di Bologna)



Gli astronomi osservano il Sole proiettato attraverso un telescopio. Il dipinto di Donato Creti venne commissionato, insieme ad altri sette, dal conte Marsili per farne dono al Papa nel 1711, in occasione di una richiesta di contributi per la costruzione della Specola dell'Istituto delle Scienze di Bologna. I dipinti illustrano diversi oggetti celesti e alcuni degli strumenti degli astronomi bolognesi oggi esposti al Museo della Specola. (Pinacoteca Vaticana)

IL Viaggio

In Viaggio per la scienza - I

LE SPEDIZIONI

Per osservare i passaggi di Venere sul Sole del 1761 e del 1769 fu necessario allontanarsi dall'Europa e andare in terre lontane e inesplorate.

Chi era in grado di allestire una spedizione per quei posti?

Chi possedeva il denaro, le navi, i marinai e gli strumenti astronomici necessari per il viaggio?

Solo la Francia e l'Inghilterra, le due "superpotenze" del tempo, che potevano anche estendere il loro impero coloniale con l'alibi della conoscenza scientifica.

I viaggi avrebbero presentato enormi difficoltà per i pur validi astronomi: guerre, malattie, naufragi, condizioni meteorologiche estreme. Non a caso gli scienziati inglesi viaggiavano sempre in coppia: si sperava che almeno uno dei due sarebbe ritornato a casa.

I grandi rischi erano però attenuati dal desiderio di osservare e studiare il raro evento astronomico.

GLI ASTRONOMI

Jean Baptiste Chappe d'Aueroche (1722 - 1769), giovane e brillante talento, osservò due volte il transito: in Siberia nel 1761 e in Messico nel 1769.

Alexandre-Gui Pingré (1711 - 1796), spirito eclettico e libero, gran viaggiatore, vide il transito nell'isola di Rodrigues, a est del Madagascar.

Guillame Joseph Hyacinthe Jean-Baptiste Le Gentil de La Galaisière (1725 - 1792), capace studioso del cielo, doveva osservare il transito del 1761 sulla costa del Coromandel in India: sarebbe stato costretto a vagare per oltre undici anni nell'Oceano Indiano.

Charles Mason (1730 - 1787) e Jeremiah Dixon (1733 - 1779), valenti topografi, dovevano andare a Sumatra, ma si fermarono a Città del Capo.

William Wales (1734 - 1798), abile matematico, fu destinato a Fort Wales, gelido avamposto nella baia di Hudson: aveva chiesto di andare in un posto caldo!

James Cook (1728 - 1779), uno dei più grandi navigatori di tutti i tempi, arrivò con l'*Endeavour* a Tahiti nell'Oceano Pacifico.

LE DESTINAZIONI

Tobolsk in Siberia. Un monte coronato da colossali edifici in pietra. Appare come formato da due monti uniti da un'enorme porta, su cui sorge il Palazzo degli Archivi. Gli edifici sembrano sorti insieme per dare al monte uno splendido aspetto.

San José del Cabo in Messico. All'estremità sud di Baja California, una penisola lunga e stretta. 1700 chilometri di natura selvaggia, dove le onde dell'Oceano sono come muri.

Isola di Rodrigues. Una piccola isola d'origine vulcanica di appena quaranta miglia quadrate. La vegetazione è ricca e il verde rappresenta il colore dominante.

Fort Wales in Canada, oggi Fort Churchill. Una zona ricca della fauna dell'Artico e con smaglianti aurore boreali. Capitale mondiale degli orsi polari: la città, infatti, si trova esattamente sulla strada migratoria degli orsi.

Pondichéry, Stato del Tamil Nadu in India. Primo insediamento coloniale francese in India, è rimasto colonia francese sino al 1954 e ancora oggi vi abitano alcune migliaia di francesi. Ha una spiaggia di 32 chilometri e può essere considerata la Costa Azzurra dell'Est.



Jean Baptiste Chappe d'Aueroche.
(Bibliothèque Nationale de France)



James Cook.



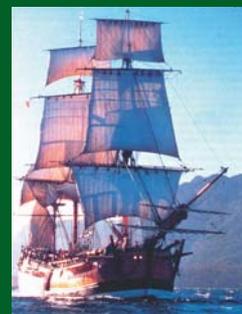
La penisola e il golfo della California. San José del Cabo, dove Chappe osservò il transito di Venere nel 1769, si trova nella parte sud della penisola. (MODIS/NASA)



Pondichéry, da dove Le Gentil avrebbe dovuto osservare il transito di Venere, sia nel 1761 sia nel 1769, si trova sulla costa del Coromandel, che appartiene alla regione del Tamil Nadu (nella parte est dell'India). (MODIS/NASA)



In quest'immagine, presa nell'aprile del 2002, il ghiaccio nella Baia di Hudson inizia il disgelo primaverile. Gli oggetti che nella foto sembrano poltiglia sono, in realtà, grandi blocchi di ghiaccio. Il satellite Modis, cui si deve l'immagine, vola ad un'altezza di 705 chilometri e fa sembrare piccoli anche corpi di grandi dimensioni; infatti, la Baia di Hudson è lunga oltre 1400 chilometri e larga oltre 1000 chilometri. (MODIS/NASA)



La replica della nave Endeavour. (Foto John Langley)



Alexandre-Gui Pingré.
(©Bibliothèque Sainte-Genève, Paris)



William Wales.

IL Viaggio

In Viaggio per la scienza - II



Tahiti's Matavi Bay e Venus Point. (Kalamazoo Valley Museum, Michigan, USA)

IN MARE

Nel 1761 imperversava in Europa la Guerra dei Sette Anni. Una vera guerra mondiale combattuta da Francia e Inghilterra in tutti i continenti. In mare, le navi nemiche erano attaccate, affondate, bruciate e saccheggiate.

La nave di Mason e Dixon fu assalita da una fregata francese appena uscita dal porto. In una sola ora di combattimento, i suoi trentaquattro cannoni fecero undici morti, trentasette feriti e grandi danni alla nave inglese. Terrorizzati i due astronomi non volevano proseguire il viaggio; solo la minaccia della prigione li convinse a ripartire.

La nave dell'aterrito Pingré fu avvistata da cinque navi da guerra inglesi, ma lo scontro venne evitato grazie all'abilità del Comandante e all'arrivo della notte. Per meglio orientare i cannoni una parte delle cabine fu distrutta e Pingré fu costretto a trasferire nel suo angusto alloggio il bagaglio personale (500 chili: secondo lui un bagaglio normale). Circostanza che fece aumentare le sue malattie: nausea, gotta e costipazione.

Una nave inglese abbordò anche il vascello su cui Pingré si era imbarcato per tornare in patria. Fatto prigioniero ebbe come consolazione la compagnia del medico della nave britannica. Il suo "alcool medicale" lo fece esclamare «Il liquore ci dà la forza per determinare la distanza tra il Sole e la Terra».

Nel Settecento era difficile determinare la posizione delle navi durante la navigazione: non era possibile calcolare con precisione la longitudine. Per trovare una soluzione il Parlamento inglese istituì nel 1714 un premio di oltre 20.000 sterline, molti miliardi d'oggi.

Vicino alle isole di Capo Verde, Pingré aveva determinato la posizione della nave con i suoi strumenti: la nave sarebbe passata ad est delle isole. Ma il pilota, che calcolava la longitudine con altri metodi, era certo che il passaggio sarebbe avvenuto ad ovest. Che fare? Ascoltare lo scienziato o l'uomo di mare? Il comandante decise di navigare solo di giorno sino all'avvistamento delle isole.

Le Gentil partì dalla Francia quattordici mesi prima del transito, per raggiungere l'Oceano Indiano con largo anticipo. Solo il suicidio di un suo compagno di viaggio e l'inseguimento di alcune navi inglesi spezzò la monotonia del viaggio.

Entrato nella regione dei monsoni, il vento spinse la nave verso le coste arabe: l'India si allontanava. Per di più, Pondichéry era assediata dagli inglesi e Le Gentil poté vedere il passaggio di Venere dal ponte della nave: uno splendido transito, ma di nessun valore scientifico. Infatti, a causa del rollio della nave le misure non potevano essere accurate. Nell'attesa del successivo transito Le Gentil girovagò tra Manila, le Mauritius e l'isola di Madagascar. Fuggendo da Manila, Le Gentil si trovò su una nave portoghese, spesso senza guida. Infatti, il comandante e il pilota litigavano sulla rotta da seguire. In collera si chiudevano nelle loro cabine e Le Gentil doveva mediare tra i due, nell'attesa della prossima lite.

Sulla strada del ritorno in patria la nave di Le Gentil fu devastata da un violento uragano. Quest'evento lo lasciò imperturbabile: il mare era ormai di famiglia.

PER TERRE SCONOSCIUTE

Chappe doveva giungere a Tobolsk, oltre gli Urali a 5000 chilometri da Parigi. Una strada lunga e difficile. Perse cavalli, ruppe diligenze, frantumò strumenti. Attraversò fiumi gelati e consumò slitte. In battello sul Danubio, se la nebbia impediva la navigazione, Chappe scendeva a terra. Scalava le montagne vicine e ne determinava l'altezza.

In Siberia i suoi compagni disertarono. Chappe, pistola in mano, li ritrovò nell'osteria di un villaggio, in compagnia di ragazze e di vino.

Un precoce disgelo causò l'allagamento di Tobolsk. La popolazione incolpò Chappe:

era un mago e con le sue magie disturbava il Sole. Per prudenza gli fu assegnata una protezione militare.

L'isola di Rodrigues raggiunta da Pingré era contaminata dalla presenza dell'uomo: più si popolava d'uomini, più si spopolava di tartarughe che, rovesciate, costituivano un'importante provvista di carne fresca sulle navi.

Una feroce razza inglese privò gli abitanti dell'isola delle provviste. Pingré fu costretto a vivere di riso e di «boisson ignobile de l'eau», quell'ignobile bevanda che è l'acqua! In Messico Chappe e i suoi compagni affrontarono montagne, precipizi e deserti per arrivare a Baja California. Il caldo opprimente guastò i cibi e procurò sofferenze fisiche. Furono vicini alla morte innumerevoli volte e arrivarono quando una terribile epidemia decimava la popolazione. Scappare o rischiare la vita e osservare il transito? Rimasero. Morirono quasi tutti e Chappe evide la morte avvicinarsi con la serenità di un vero Filosofo. Lo scopo del viaggio era stato raggiunto e le osservazioni erano state eseguite.

Nell'attesa del transito del 1769, Le Gentil studiò la flora e la fauna del Madagascar, ma la carne molto grassa dell'isola gli procurò gravi problemi di salute.

Nel 1769, dopo un lungo periodo di sereno, una nube oscurò il cielo di Pondichéry: le Gentil non poté osservare il transito. La nube «portava via i frutti dei miei dolori e delle mie fatiche. È questo il destino degli astronomi?»

Wales fu accolto a Fort Prince of Wales da milioni d'insetti e zanzare giganti: era impossibile parlare, respirare, guardare senza averne la bocca, il naso e gli occhi pieni. Il gelo faceva scricchiolare le travi degli alloggi e crepare le rocce lungo la costa. Un barile di brandy diventava completamente solido in un'ora.

Tahiti era la meta di James Cook. Un'isola fertile, ricca e felice, con donne molto belle e libere. I chiodi di ferro, sconosciuti e desiderati dagli indigeni, favorivano gli incontri. Il comandante della nave che aveva scoperto l'isola, a stento aveva evitato che la sua nave affondasse per mancanza di chiodi. Solo con gran fatica era riuscito a reimbarcare l'equipaggio per tornare in patria.

Gli abitanti di Tahiti non conoscevano la proprietà privata. Cook perse una parte del suo vestiario. Un quadrante necessario per l'osservazione fu recuperato in modo incredibile solo poco prima del transito. Ma non erano gli unici ladri; durante l'osservazione del transito i marinai inglesi rubarono una gran quantità di chiodi che inflazionò il loro valore.

IL RITORNO IN PATRIA

Pingré ritornò a Parigi dopo 1 anno, 3 mesi, 18 giorni, 19 ore, 53 minuti e mezzo dalla partenza. Da Lisbona a Parigi viaggiò su un carro trainato da buoi: non sopportava più le navi.

Le Gentil si trovò di nuovo in Francia dopo 11 anni, 6 mesi e 13 giorni. Creduto morto, aveva perso il posto all'*Académie* e i suoi beni erano stati divisi tra gli eredi. In pochi mesi riebbero da Luigi XV il posto. Gli fu molto più difficile riavere i suoi beni. In ogni modo «ognuno mi accolse con piacere; la gente andava alla finestra e alla porta quando passavo per la strada ed ebbi la soddisfazione di ascoltare delle persone che mi riconoscevano e affermavano che ero vivo». Visse per altri 22 anni e si sposò felicemente con una ricca signora.

Wales dovette rinunciare all'abbigliamento invernale, confiscato da uno zelante doganiere londinese.

Cook ritornò a Londra con 30.000 piante e 10.000 animali. Aveva circumnavigato l'Australia e aveva dimostrato l'inesistenza di un vero continente tra Africa e America. Durante i suoi viaggi aveva conosciuto molte terre oceaniche, descrivendole con precisione e rappresentandole in carte geografiche d'alto valore scientifico.



Il funerale di Chappe a San José del Cabo. Disegno di A.-J. Noël.



Rovine della città di Pondichéry dopo la guerra tra Francesi e Inglesi. Il sito scelto da Le Gentil per l'osservazione si trova a destra della bandiera.



Fort Venus, costruito da James Cook e i suoi compagni nella baia di Matavai nel 1769. (© Crown copyright 2004, National Library of New Zealand)



Fort Prince of Wales, dove svernò William Wales in attesa di osservare il transito del 1769. Disegno di Samuel Beane. (da National Library of Canada's Website: www.nlc-bnc.ca)

IL Viaggio

Vita in Mare 1700 - 1800

ROUTINE GIORNALIERA

I turni di guardia erano di quattro ore e si alternavano con i turni di lavoro: chi non aveva impegni poteva dormire dalle venti alle cinque e mezza di mattina.

I pranzi erano serviti alle otto, alle dodici e alle quattro del pomeriggio.

Spesso, per rendere meno monotono il viaggio, erano organizzate delle recite, con costumi e scene.

DIETA E PROVVISTE

Il vitto nella marina da guerra britannica era abbondante, più ricco di quello che molti si potevano permettere a terra: era composto da tre libbre (ca. 1,3 kg) di carne salata, biscotti, piselli secchi, burro e formaggio.

Il cibo era di solito essiccato o salato e non è affatto vero che i marinai mangiassero biscotti con i vermi. Carne salata dura come la roccia e formaggi da usarsi come bottoni sono pure delle leggende. Poteva capitare solo in viaggi con una durata imprevista come, per esempio, durante il viaggio di Magellano alla scoperta di un passaggio per le Indie: topi e cordame si trasformarono allora in cibo.

Carne e verdura fresca erano acquistate ogni giorno quando le navi erano in porto. Anche riso, cavoli, cipolle, limoni, arance.

Lo scorbuto, ossia una malattia mortale provocata da una dieta carente di vitamina C, colpiva i marinai, soprattutto in navigazioni senza molte soste nei porti. Fu una dieta empirica di Cook, a base di limoni, a vincere questa piaga; infatti, l'*Endeavour* tornò in Patria senza morti per scorbuto.

BEVANDE

I marinai ricevevano ogni giorno una pinta (ca. mezzo litro) di grog, una bevanda formato da una parte di rum e due parti d'acqua.

In mare l'acqua nei barili marciva in breve tempo e al suo posto si usava la birra, fino a un massimo di otto pinte. Nel Mediterraneo la birra era sostituita con due pinte di vino. Bere molto era una consuetudine del tempo e gli stessi ufficiali che dovevano punire gli ubriachi erano grandi bevitori.

DISCIPLINA

La disciplina era rigida. Gli uomini erano frustati per diversi reati: rubare, accendere una luce non autorizzata, mancare di rispetto a un ufficiale, fumare sotto coperta. Il numero dei colpi di frusta era variabile, dipendendo dalla colpa e dall'umore del capitano, pur se molti di questi preferivano mettere i colpevoli ai ferri o lasciarli esposti alle intemperie per diverse ore.

La vita in mare non era così brutta come potrebbe sembrare. Ad esempio, sulla terraferma il furto era punito con la morte.

LE CURE MEDICHE

Medicine e strumenti chirurgici abbondavano sulle navi. Il medico curava malattie, febbri tropicali, fratture, bruciature, ernie e contusioni. Le amputazioni erano molto frequenti. L'aceto era il disinfettante maggiormente usato e non si usava il rum come anestetico, come spesso si vede nei film.

L'infermeria si trovava nella parte prodiera del ponte dei cannoni, ma durante la battaglia i feriti erano portati in zone maggiormente sicure.

ARRUOLAMENTO

La marina da guerra aveva bisogno di marinai esperti, non potendosi permettere persone prive di mestiere. Non era però facile trovarli. La paga dei marinai delle navi mercantili, infatti, era tre volte superiore. Spesso gli arruolamenti avvenivano con la forza.

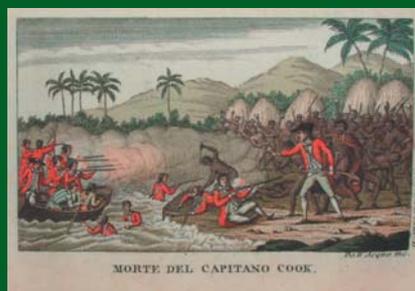
Nelle vicinanze del porto, delle squadre irrompevano nelle case private e nelle osterie per "arruolare" i bravi marinai, con violenza e con l'aiuto di osti corrotti.

Un viaggio nell'Oceano Indiano e nel sud est asiatico durava anche anni e parte dell'equipaggio poteva morire durante la navigazione. Come rimpiazzarlo? Si "prendeivano" i marinai delle navi mercantili che s'incontravano.

Per evitare diserzioni i marinai erano pagati solo al termine della crociera.



CACCA DEI CAVALLI MARINI.



MORTE DEL CAPITANO COOK.



VEDUTA DELL' ISOLA DI TATTI, E DI ALCUNE PIROGHE.



FENOMENO DELLE TROMBE DI MARE MANIFESTATESI PRESSO LA NUOVA ZELANDA.

Immagini tratte da: J. Cook; *Navigazioni di Cook pel grande Oceano e intorno al globo*, Milano, 1816-7.

IL Sistema Solare

Il Sistema Solare

Millenni prima che chiunque arrivasse a capire che la Terra non è che uno dei membri di una famiglia di corpi celesti che orbitano attorno al Sole, acuti osservatori notarono che alcune stelle si muovevano rispetto alle altre che, a loro volta, si spostavano tutte insieme come fossero fisse ad una immensa sfera rotante. Queste stelle, dette "erranti", oggi si chiamano pianeti.

La planetologia ha vissuto una prima epoca di scoperte nel diciassettesimo secolo in concomitanza con la rivoluzione scientifica. Vennero determinate le principali proprietà fisiche dei pianeti quali: moto, orbita, distanza. La seconda grande epoca di scoperte ebbe inizio negli anni '60 con l'avvento dell'era spaziale. Con i nuovi e sempre più potenti mezzi sviluppati nei passati decenni l'uomo non solo ha mandato sonde ad orbitare attorno a gran parte dei pianeti per esplorarli, ma è sceso con un robot su alcuni di essi, oltre, naturalmente, aver messo piede sulla Luna. Questa esplorazione è in pieno corso anche ora.



La figura a sinistra mostra le traiettorie delle orbite ellittiche che i pianeti percorrono intorno al Sole durante un loro anno (indicated in tabella).



I diametri dei pianeti: ogni pianeta è rappresentato in scala vicino al disco solare.

La figura in basso mostra il verso di rotazione di ogni pianeta; le dimensioni non sono in scala. Tutti i 9 pianeti del Sistema solare ruotano nello stesso verso (antiorario guardando in basso dal polo nord del Sole). Sei ruotano anche su se stessi nello stesso verso mentre Venere, Urano e Plutone ruotano in senso contrario agli altri e sono detti "retrogradi". In figura è riportato, per ogni pianeta, l'angolo di inclinazione dell'asse di rotazione rispetto alla perpendicolare al piano dell'orbita.

Per farsi una idea delle distanze planetarie relative, che sono enormi, rispetto alle distanze terrene a cui siamo abituati si possono usare diverse unità di misura.

I chilometri sono sconsigliati perché ogni misura è rappresentata da numeri molto grandi. Ad esempio il raggio della Terra è di 6.371 Km e la Luna dista da noi circa 60 raggi terrestri ovvero 384.401 Km. Si può usare la velocità della luce nel vuoto che è $c = 300.000 \text{ Km/s}$ (dal momento che ci sono 60 minuti in un'ora e 60 secondi in un minuto $60 \times 60 = 3600$ quindi $300.000 \times 3600 = 10.800.000.000 \text{ Km/h}$, in queste unità la Terra dista dal Sole circa 8 minuti luce, il più vicino Mercurio solo 3,2 minuti, mentre il più lontano, Plutone, 5 ore e 45 minuti. Una terza unità di misura è l'Unità Astronomica (UA) che è la distanza media Terra Sole. Questa è l'unità che venne, per la prima volta, determinata con precisione grazie al passaggio del pianeta Venere sul disco solare e negli altri pannelli di questa mostra troverete ampia documentazione. Una UA = 149,6 milioni di Km. Cioè circa 8 minuti luce di cui si parla più sopra.

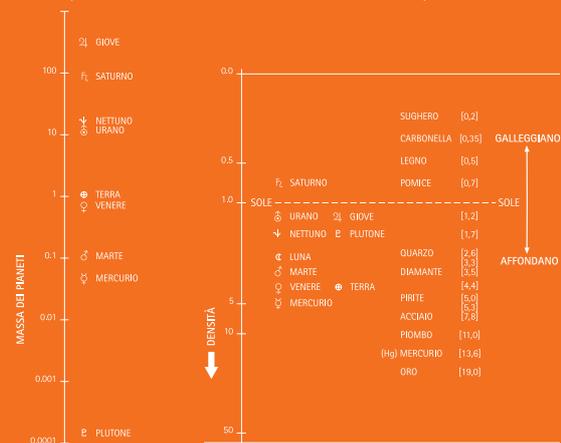
Per inciso, ricordiamo che il Sistema solare a cui apparteniamo è parte di un enorme agglomerato di stelle (più di 100 miliardi) detto Galassia (o Via Lattea) la quale non è che una delle centinaia di miliardi di galassie che popolano l'Universo conosciuto.

Le figure forniscono un quadro comparativo delle caratteristiche dei vari pianeti.

| PIANETA | SIMBOLO | DISTANZA DAL SOLE | | NUMERO DI SATELLITI | DURATA | |
|----------|---------|-------------------|------------|---------------------|------------------|------------------|
| | | UA | TEMPO LUCE | | ROTAZIONE GIORNI | RIVOLUZIONE ANNI |
| MERCURIO | ☿ | 0,39 | 3,2 min | 0 | 58,65 | 0,24 |
| VENERE | ♀ | 0,72 | 6 min | 0 | 243 | 0,62 |
| TERRA | ♁ | 1 | 8,3 min | 1 | 1 | 1,0 |
| MARTE | ♂ | 1,52 | 12,6 min | 2 | 1,03 | 1,88 |
| GIOVE | ♃ | 5,20 | 43 min | 62 | 0,41 | 11,86 |
| SATURNO | ♄ | 9,54 | 1,3 ore | 31 | 0,44 | 29,46 |
| URANO | ♅ | 19,19 | 2,65 ore | 27 | 0,72 | 84,07 |
| NETTUNO | ♆ | 30,06 | 4,3 ore | 13 | 0,7 | 164,82 |
| PLUTONE | ♇ | 39,44 | 5,45 ore | 1 | 6,39 | 248,6 |

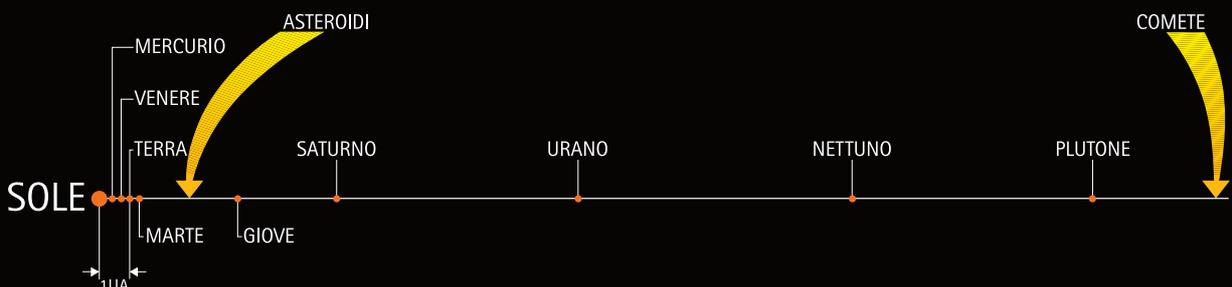
La Tabella mostra le distanze in UA e tempo luce per i 9 pianeti del Sistema solare.

La figura sotto mostra queste distanze graficamente. Per completezza va aggiunto che tra l'orbita di Marte (2,2 UA) e quella di Giove (5,2 UA) orbitano circa 100.000 asteroidi le cui dimensioni sono comprese tra 1 Km e circa 1000 Km di diametro. Oltre l'orbita di Plutone si trovano le comete (forse un milione e più) le cui orbite possono essere molto eccentriche, e quindi compaiono vicino al Sole e diventano visibili raramente, o poco eccentriche e allora compaiono più di frequente.



Il grafico mostra le masse dei pianeti dove l'unità è la massa della Terra cioè 5974 miliardi di miliardi di tonnellate (5974000000000000000000000000 kg).

Grafico delle densità. Facendo il rapporto tra massa e volume si trova la densità di una sostanza. È stato anche possibile determinare la densità media del Sole che risulta essere quasi esattamente quella dell'acqua (1 g/cm³). Questo grafico paragona la densità dei pianeti a quella del Sole/acqua e ad alcuni materiali a noi familiari. Le frecce contrassegnate "galleggiano" e "affondano" indicano se un centimetro cubo del materiale di cui è fatto un pianeta venisse ipoteticamente immerso nell'acqua galleggerebbe o affonderebbe.



IL Sistema Solare

Sole

*Laudato sie, mi' Signore, cum tuete le tue creature,
spetialmente messor lo frate sole,
lo qual è iorno, et allumini noi per lui.
Et ellu è bellu e radiante cum grande splendore:
de te, Altissimo, porta significacione.*

Il Sole è per l'uomo l'oggetto più importante dell'universo poiché da esso dipende ogni forma di vita sulla Terra e qualsiasi altra forma di vita che possa essersi eventualmente sviluppata altrove nel Sistema solare.

È una normale stella nana di colore giallo con una temperatura superficiale di circa 5500° e, data la sua vicinanza, si presenta come un disco molto brillante.

È nato circa cinque miliardi di anni fa, quasi contemporaneamente a tutti gli altri oggetti del Sistema solare, addensandosi al centro di una nebulosa primordiale e raccogliendo gran parte della materia che la costituiva.

L'energia che emette è prodotta nelle sue regioni interne da reazioni termonucleari che trasformano quattro atomi di idrogeno in uno di elio, liberando una grande quantità di energia che attraversa gli strati più esterni e viene liberata nello spazio circostante.

Quando il combustibile idrogeno si esaurirà (fra altri cinque miliardi di anni) la nostra stella diverrà instabile: il suo diametro crescerà fino ad inghiottire la Terra e, dopo un'ultimo sussulto, del Sole non resterà che una piccola stella (nana bianca) molto compatta che si raffredderà lentamente, finché cesserà del tutto di emettere luce.

Se osservato in luce visibile – ossia nel piccolo intervallo di frequenze a cui è sensibile il nostro occhio – si presenta come un disco luminoso, leggermente oscurato al bordo, sul quale si possono scorgere in certi periodi gruppi di macchie oscure più o meno grandi.

È circondato da una regione molto calda, visibile durante le eclissi totali e alle lunghezze d'onda dei raggi X, detta corona. Al bordo, con opportuni accorgimenti, si possono vedere le protuberanze: enormi fiammate che si elevano dalla fotosfera, sollevandosi fino a 200.000 km con una velocità di ascesa che raggiunge i 1000 km/s.

| | |
|--|------------------------------------|
| Distanza media dalla Terra: | 149.597.870 Km |
| Diametro equatoriale: | 1.392.000 Km |
| Massa: | 332.946 volte quella della Terra |
| Volume: | 1.303.600 volte quello della Terra |
| Gravità superficiale: | 27,90 volte quella della Terra |
| Temperatura sulla superficie: | 5500 gradi centigradi |
| Periodo di rotazione medio: | 25,380 giorni |
| Tempo impiegato dalla luce a giungere sulla Terra: | 449 secondi = 8,3 minuti |

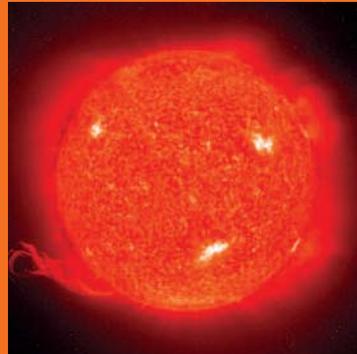


Immagine ottenuta nella banda dei raggi X con lo strumento EIT (Extreme ultraviolet Imaging Telescope) del satellite SOHO alla lunghezza d'onda di 304 Å il 14 settembre 1997. La grande protuberanza che si vede nell'immagine ha una temperatura fra 60.000 e 80.000°K, molto minore di quella della circostante corona che raggiunge un milione di gradi.



Immagine della fotosfera ottenuta al telescopio BBSO (Big Bear Solar Observatory) in luce dell'idrogeno (H α) il 14 marzo 2004, con la camera CCD Apogee KX4.



Immagine ottenuta dalla precedente mediante una elaborazione che mette in evidenza i dettagli.

IL Sistema Solare

Venere

*Lo bel pianeta che ad amar conforta
Faceva tutto rider l'oriente
Velando i pesci ch'erano in sua scorta.*

Venere è il secondo pianeta del Sistema solare, in ordine di distanza dal Sole. Dopo la Luna, Venere è l'oggetto più brillante del cielo notturno. Nell'antichità era detto *Vespero*, o stella della sera, quando appariva al tramonto, e *Lucifero* o stella del mattino, quando era visibile all'alba. A causa delle rispettive posizioni di Venere, Terra e Sole, il pianeta infatti non è mai visibile più di tre ore prima del sorgere del Sole e per oltre tre ore dopo il tramonto.

Osservato al telescopio, Venere mostra un ciclo di fasi simili a quelle della Luna, che si ripetono con un periodo di circa un anno e mezzo. Galileo fu il primo ad osservare le fasi di Venere nel 1610.

Un giorno venusiano dura 243 giorni terrestri ed è più lungo dell'anno che è di 225 giorni. A causa del suo moto di rotazione da est ad ovest un ipotetico abitante di Venere vedrebbe il Sole sorgere ad ovest e tramontare ad est.

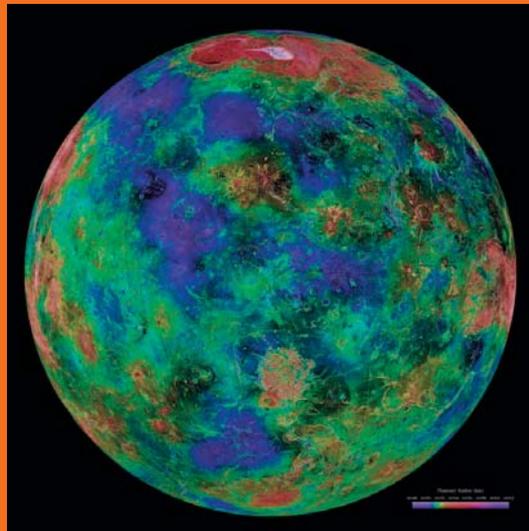
Sulla superficie, la temperatura della densa atmosfera di Venere supera i 460 °C e la pressione è circa 90 volte maggiore di quella terrestre. L'atmosfera è composta per il 97% da anidride carbonica (CO₂) e contiene piccole quantità di azoto, di anidride solforica e tracce di vapor d'acqua. A circa 50 km di altitudine si trova la base delle nubi, composte quasi interamente da acido solforico.

L'alta concentrazione di anidride carbonica è causa di un intenso effetto serra responsabile dell'elevata temperatura sulla superficie del pianeta.

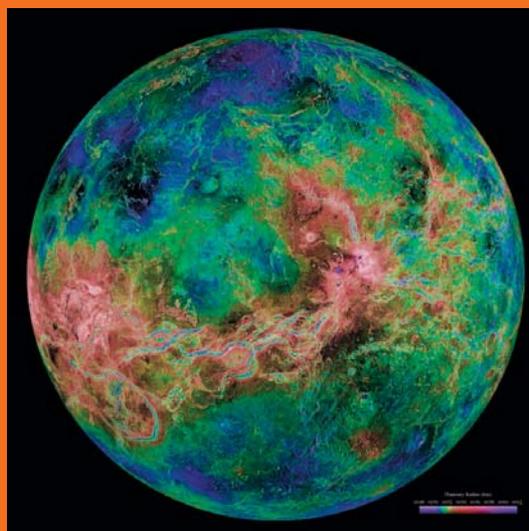
Alla sommità delle nubi è possibile individuare alcune caratteristiche meteorologiche che forniscono informazioni sui venti che spirano nell'atmosfera. Ai livelli più alti essi interessano tutto il pianeta, dall'equatore ai poli, e raggiungono velocità dell'ordine dei 360 km/h. Malgrado questi forti venti d'alta quota, l'atmosfera nei pressi della superficie è generalmente calma e fino a una quota di circa 10 km la velocità del vento è compresa tra 3 e 18 km/h. Il pianeta non ha un campo magnetico rilevabile.

Fino a tempi recenti la coltre di nubi che lo ricopre ha impedito agli scienziati di studiare la superficie e la natura geologica del pianeta. Lo sviluppo delle tecniche radar sia da terra che da satelliti ci ha rivelato che la superficie di Venere, dal punto di vista geologico, è relativamente giovane.

| | |
|--------------------------|--------------------------------|
| Distanza media dal Sole: | 108.200.000 Km |
| Diametro: | 12.104 Km |
| Massa: | 0,815 quella della Terra |
| Volume: | 0,86 quello della Terra |
| Gravità superficiale: | 0,903 volte quella della Terra |
| Temperatura media: | |
| alla sommità delle nubi | -33 gradi centigradi |
| sulla superficie | +480 gradi centigradi |
| Periodo di rivoluzione: | 224,701 giorni |
| Periodo di rotazione: | 243,16 giorni |



Visione globale di Venere ottenuta utilizzando i dati della sonda *Magellano*. In alto, centrata a 0° di longitudine; in basso, a 180° di longitudine.



IL Sistema Solare

L'esplorazione di Venere

Venere è completamente coperto di nubi e ciò naturalmente rappresenta un ostacolo per le osservazioni dirette dalla Terra e la maggior parte delle informazioni di cui disponiamo sono state fornite dalle sonde spaziali.

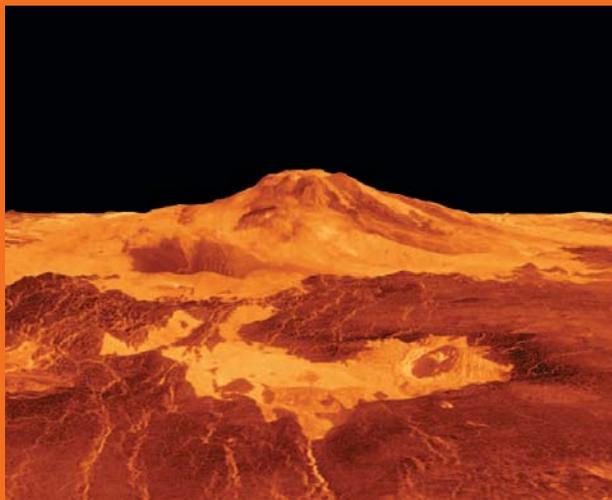
Le missioni spaziali con destinazione Venere sono iniziate molto presto: il primo sorvolo di Venere venne effettuato dalla sonda *Mariner 2*, lanciata dagli Stati Uniti nel 1962, seguita dal *Mariner 5* nel 1967 e dal *Mariner 10* nel 1974.

A partire dagli anni Sessanta furono inviate verso il pianeta anche numerose sonde sovietiche del tipo *Venera*. La prima sonda che ha inviato dati a terra dalla superficie di Venere è *Venera 7*, entrata nell'atmosfera del pianeta il 15 dicembre 1970.

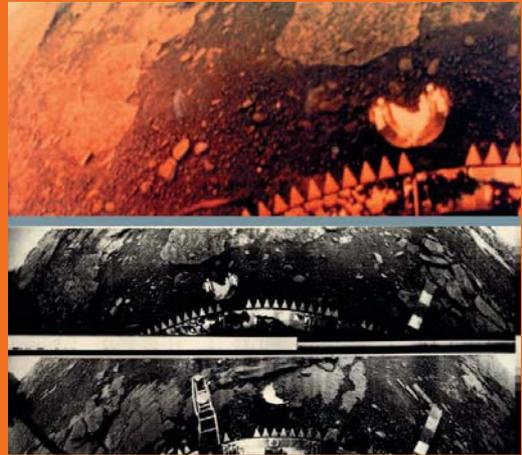
Le successive missioni *Venera* hanno inviato a terra dati sull'atmosfera e immagini dalla superficie.

Le missioni più importanti per lo studio dell'atmosfera sono state le sonde *Pioneer Venus* che, a partire dalla fine del 1978, hanno inviato a terra una grande messe di dati sull'atmosfera del pianeta.

L'ultima missione di grande rilievo è quella della sonda *Magellano* che, mediante un radar, ha eseguito una cartografia completa della superficie.



La sonda *Magellano*, mediante un radar ad apertura sintetica, ci ha fornito una mappa completa della superficie di Venere con una risoluzione di circa 1 km. Mediante elaborazione al computer, è stato così possibile costruire delle immagini della superficie del pianeta in prospettiva tridimensionale. L'immagine mostra il monte Maat ripreso da una distanza di 600 km. In primo piano le sue colate laviche che si estendono per centinaia di chilometri. Il grande vulcano si eleva di circa 5 km sul terreno circostante.



Venera 13 atterrò sul pianeta Venere l'11 maggio 1982 dopo quattro mesi di viaggio. Ha inviato dati sulla composizione chimica dell'atmosfera e alcune immagini del terreno circostante il luogo di atterraggio. Questo è costituito largamente da basalti e altre rocce vulcaniche. La luce filtrata dalla densa atmosfera del pianeta rende il paesaggio di colore rossastro come si vede bene dall'immagine in alto.

Pioneer Venus Orbiter è entrata in orbita attorno al pianeta il 4 dicembre 1978 ed ha continuato a trasmettere dati fino al 1992. Ha fatto misure dettagliate dell'alta atmosfera e dell'interazione fra la ionosfera di Venere e il vento solare. Nell'immagine, ripresa in luce ultravioletta il 5 febbraio 1979, si vede bene la struttura delle nubi più alte determinata da fortissimi venti.

I Miti

Il dio Sole

*"Salve a te [Sole], signore della gioia.
Gli uomini si sentono bene quando tu sorgi;
ma, quando dardegi, il bestiame s'estenua.
La tua grazia splende nel cielo meridionale,
la tua clemenza nel cielo settentrionale.
Tu sei l'Unico, che produsse ciò che esiste,
dai cui occhi vennero gli Uomini,
dalla cui bocca nacquero gli Dèi..."*

(Egitto, c. XIII sec. a.C.)

Il Sole, l'astro del giorno, regolava le attività dell'uomo, spingendolo, al suo tramontare, nel buio e nel terrore, riportandogli, al suo sorgere, luce e calore.

La divinità solare era il "cuore" di tutti i fenomeni, il principio primo della fertilità e della crescita: il Sole è sempre stato il simbolo stesso della natura e della vita e ad esso l'umanità ha rivolto le proprie aspettative e le proprie incertezze nei confronti di una natura ancora sconosciuta, mutevole e ostile.

«Tutto ciò che esiste nacque da Surya, il Dio degli dèi» raccontava oltre 3500 anni fa il poema indiano *Rig Veda*.

Ancor oggi, i fedeli indiani si recano sulle sponde dei fiumi sacri a invocare il dio sole Surya, mentre i devoti scintoisti giapponesi si rivolgono alla dea solare Amaterasu durante il suo sorgere sulle spiagge del sol levante.

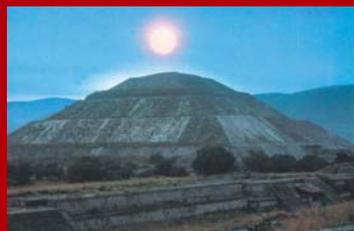
E le feste nelle nostre campagne, intorno ai falò, durante i solstizi d'estate, nei giorni in cui il Sole raggiunge la sua massima altezza in cielo portando calore e fecondità, cos'altro rappresentano se non un ricordo degli antichi riti solari?

E cos'è il nostro Natale se non la memoria del romano *Dies Natalis Solis Invicti*: il giorno di nascita del Sole che, nel solstizio d'inverno, vinceva le forze del male che fino ad allora lo avevano costretto sempre più basso sull'orizzonte, allungando le drammatiche ore di buio? Fu all'inizio del IV sec. che papa Liberio fissò la nascita di Gesù al 25 dicembre, per investire di un significato cristiano la festività pagana.

I riti solari sono comuni a molte civiltà e il loro ricordo è presente sia in manifestazioni artistiche, che in molti edifici, innalzati, spesso, in modo che il loro orientamento permettesse di identificare il sorgere o il tramontare del Sole in uno dei giorni propizi: dai megaliti sparsi in tutta Europa, ai templi dei Maya, alle consuetudini edificatorie degli Etruschi.



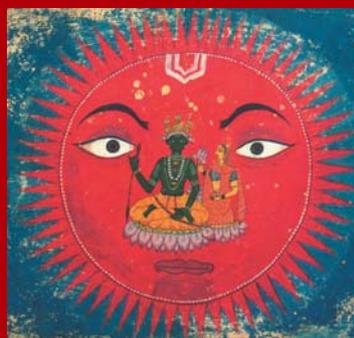
Stonehenge (III mill. a.C.).



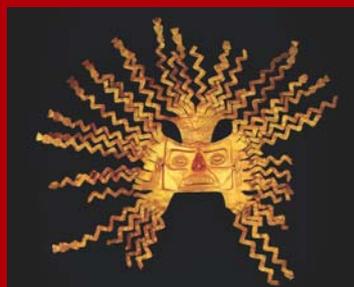
La piramide del Sole a Teotihuacan, Messico (I-V sec. d.C.).



Carro del Sole, da Trundholm in Danimarca, ca. 1800-1600 a.C. (Nationalmuseet, Copenhagen)



Il cuore di Surya in una miniatura indiana del 1725. (Museo Bharat Kala, Varanasi, India)



Da sinistra.

La "ruota del Sole": calendario di pietra azteco del 1500 d.C. (Museo Nacional de Antropología, Città del Messico)

Il Sole e una stella in un dipinto su roccia dei nativi americani Anasazi (700-1300 d.C.).

Maschera d'oro di Inti, il dio Sole degli Inca (500 a.C. - 500 d.C.). (Museo Arqueológico y Galerias de Arte del Banco Central, Quito, Ecuador)

I Miti

La dea Venere

«Al declinar del giorno, la Radiosa Stella [Venere], la Grande Luce che inonda il cielo, la signora del tramonto, appare all'orizzonte e le genti di tutti i paesi rivolgono a Lei lo sguardo.

La mia Signora appare in cielo nella sua meravigliosa dolcezza, e il popolo di Sumer si prostra dinanzi alla pura splendente Inanna...»

(Mesopotamia, c. XX sec. a.C.)

Venere era chiamato dai Romani quel pianeta, astro errante, che risplendeva in cielo, talora alla sera, dopo il tramonto del Sole, talora all'alba, prima del levar del giorno. Anche Fosforo (dal greco 'portatore di luce') o Lucifero (dallo stesso significato latino) o stella del pastore era chiamato il pianeta al suo apparire mattutino; Espero o Vespero (dal latino vesper, sera) al suo apparire serale.

Con «lo bel pianeta che ad amar conforta» – come lo ricorda Dante nel I canto del Purgatorio – era identificata la divinità dell'amore e della bellezza, derivata dalla greca Afrodite, e proprio all'*alma Venus* Lucrezio dedicò l'inno di apertura del *De Rerum Natura*. Secondo Omero, era nata da Zeus e da Dione, mentre, per Esiodo, sarebbe emersa dalle acque del mare di Cipro, fecondate da Urano.

Dal suo amore con Anchise nacque l'eroe Enea e i Romani dedicarono templi alla dea da cui discendevano e feste quali le *Vinalia* e le *Veneralia*.

Platone ricorda Venere-Urania, figlia del cielo e dea dell'amore puro – astro del mattino – e Venere-Pandemia, figlia di Dione e dea dell'amore profano – astro della sera.

A sua volta, la greca Afrodite, come molte altre divinità dell'olimpico greco, si ispirava alla fenicia Ishtar e alla sumera Inanna.

E Venere era proprio una delle tre maggiori divinità del mondo mesopotamico, raffigurata come una stella a otto punte, insieme alla Luna e al Sole.

La stessa triade di astri era venerata dagli Inca nell'antico Perù, dove Venere mattutina – *Chasca Coyllor* – era rappresentata con quattro bracci proiettati su un quadrato, simbolo dell'Impero Inca, mentre, nell'America Centrale, i Maya utilizzavano un calendario "sacro" di 260 giorni, forse legato alle periodicità di visibilità di Venere. A questa divinità erano dedicate grandi cerimonie, nei templi a lei consacrati, il primo giorno del primo mese.

Si narra che, nel 1453, la notte della caduta di Costantinopoli nelle mani di Maometto II fosse rischiarata da una splendida falce di Luna vicina alla luminosa Venere, da cui sarebbe derivata la bandiera ottomana con la Luna e la stella.

Una lunga storia, quindi, alle spalle delle divinità associate al pianeta più brillante, simbolo dell'amore:

«l'ora in cui si accende la stella del pastore [Venere] era attesa dalla fanciulla che associava il vago pianeta ai più dolci sentimenti del suo cuore».



Il cocchio di Venere, a forma di conchiglia, passando tra il carro della Terra e il Sole illustra il transito del 1761. Dall'*Atlas Coelestis* di J. Doppelmayr del 1742. (Collezione Charles Bueter)



Nascita di Afrodite dal mare, rilievo del *Trono Ludovisi* (V sec. a.C.). (Museo Nazionale Romano, Soprintendenza Archeologica di Roma)



Particolare di un *Kudurru*, pietra di confine babilonese (XI sec. a.C.), con i simboli della Luna tra il Sole e Venere.



Venere e amorini, Hans Zatzka (1849-1945).



L' Astronomia A Bologna

L' Astronomia a Bologna oggi

Bologna ha un rapporto continuo e costante con l'astronomia. Andando a ritroso nel tempo, già nel XIII secolo erano presenti presso lo studio bolognese il più famoso astrologo del tempo, Guido Bonatti da Forlì e il primo Lettore certo d'Astronomia, Bartolomeo da Parma. Dal 1496 al 1500, studiò a Bologna Nicolò Copernico, colui che ribaltò la cosmologia aristotelica fino allora imperante. Sul pavimento della chiesa di San Petronio si può ammirare la lunga meridiana tracciata da Gian Domenico Cassini per verificare le variazioni del moto solare. A metà del Settecento, le *Effemeridi Astronomiche bolognesi* erano tra le più accurate e importanti d'Europa. Nel 1790 la torre degli Asinelli fu utilizzata da Giovan Battista Guglielmini per verificare la rotazione della Terra.

Ancora oggi Bologna è la città delle stelle.

Sono oltre cento gli astronomi che lavorano presso le strutture astronomiche bolognesi: l'Osservatorio di Bologna, l'Istituto di Radioastronomia, l'Istituto di Astrofisica Spaziale (tutte queste strutture dipendono dall'Istituto Nazionale di Astrofisica) e il Dipartimento di Astronomia dell'Università di Bologna. Di quest'ultimo fanno parte il Museo della Specola, con strumenti perfettamente conservati e la Biblioteca 'Guido Horn d'Arturo', il cui Archivio storico contiene importanti testimonianze.

In provincia, sulle vicine colline si trova la stazione astronomica di Loiano, dotata di un moderno telescopio da 152 centimetri oltre che del vecchio strumento Zeiss - ancora oggi efficiente e splendido esempio di archeologia industriale. Nella pianura, nella "bassa", si trova il radiotelescopio di Medicina, ponte per ricevere segnali da mondi lontani.

L'Osservatorio Astronomico e il Dipartimento di Astronomia continuano la tradizione astronomica bolognese legata allo studio dell'astronomia ottica, ma nel corso del tempo le loro ricerche si sono estese anche alle altre lunghezze d'onda. Per tanti anni, a conferma di questo legame, sono stati ospitati nei locali della vecchia torre astronomica. Attualmente si trovano in via Ranzani. I ricercatori dell'Osservatorio e del Dipartimento, oltre essere inseriti in gruppi di lavoro internazionali, utilizzano per le loro ricerche le più moderne tecnologie osservative. Si occupano degli oggetti che appartengono alla nostra Galassia (stelle, ammassi globulari, materia interstellare) e di quelli al di fuori della stessa (galassie, quasar, struttura a grande scala dell'Universo, modelli cosmologici).

L'Osservatorio di Bologna gestisce anche i telescopi della stazione osservativa di Loiano. Il Dipartimento ha istituito nel 1969 il Corso di Laurea in Astronomia, frequentato da oltre 200 studenti.

L'Istituto di Radioastronomia è nato nel 1970, da un preesistente laboratorio universitario, con lo scopo di sviluppare tematiche inerenti all'astrofisica delle radiosorgenti. Gestisce due osservatori radioastronomici, uno presso Medicina (BO) e l'altro presso Noto (SR), in cui operano tre radiotelescopi. Nella stazione di Medicina si trovano il grande strumento "Croce del Nord" e un'antenna parabolica. Lo strumento "Croce del Nord" è il più grande strumento di transito esistente al mondo e ha cominciato a operare nel 1964. L'antenna parabolica, inaugurata nel 1983, è completamente orientabile e può puntare e inseguire qualsiasi oggetto della volta celeste.

L'Istituto di Astrofisica Spaziale, che fino al 2002 si chiamava TESRE, si occupa prevalentemente di astronomia e astrofisica dello spazio. I progetti dell'istituto sono finalizzati all'osservazione e allo studio delle radiazioni extraterrestri (raggi gamma, X, banda ottica, infrarossi e microonde) e dei raggi cosmici. La sua attività comprende sia la progettazione e realizzazione degli strumenti (telescopi e rivelatori) che l'interpretazione dei dati raccolti.

La città vanta, inoltre, anche una lunga storia di astronomia non professionale, oggi rappresentata dall'*Associazione Astrofili Bolognesi*, che dispone di un telescopio sulle colline a Medelana, nell'Osservatorio 'Guido Horn d'Arturo'.

