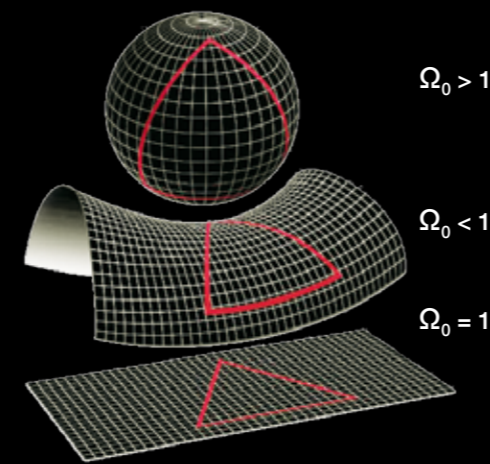


# L'origine dell'Universo

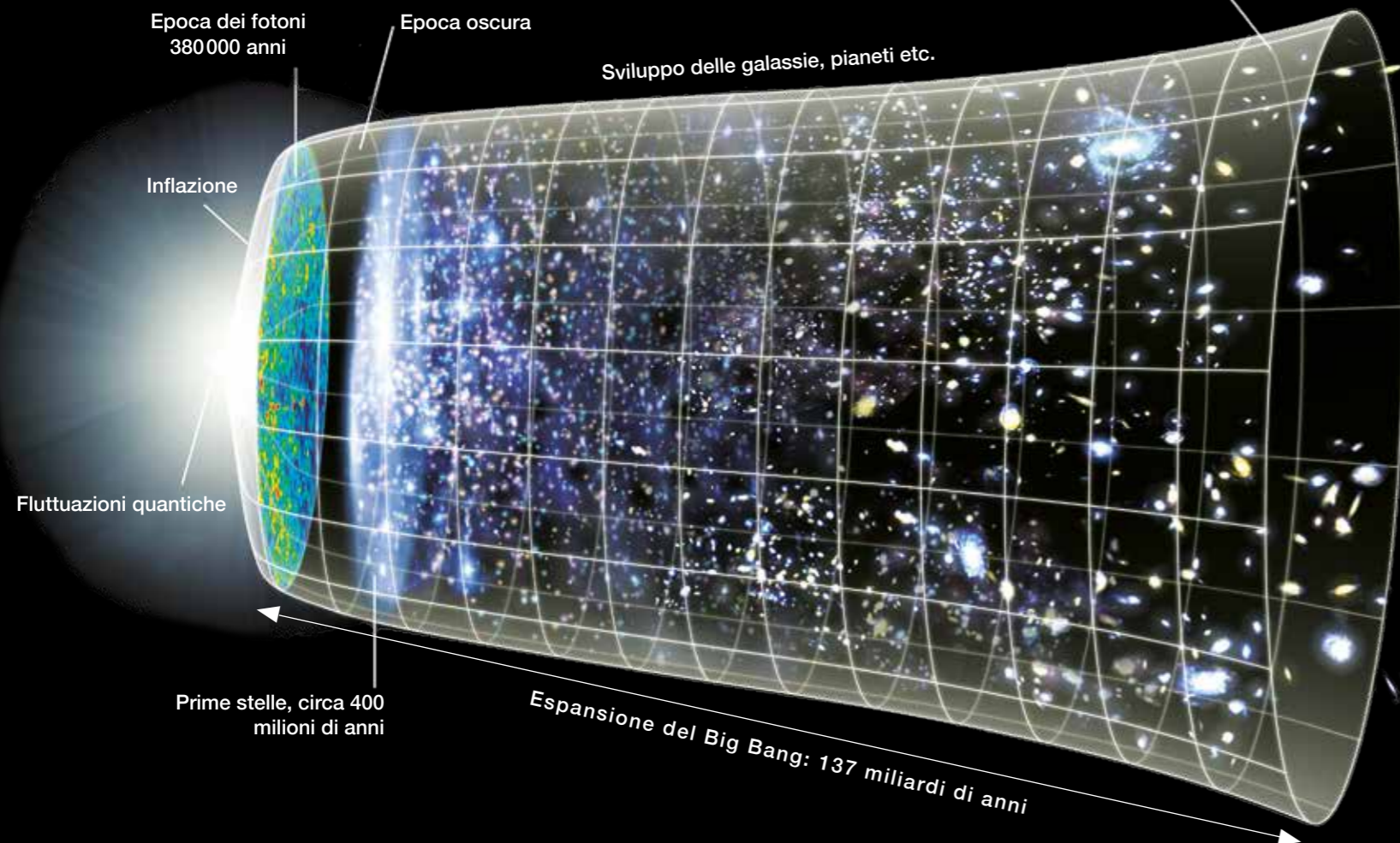
La maggior parte degli scienziati sono oggi propensi ad affermare che l'Universo sia stato originato da un punto infinitamente denso che si sarebbe espanso secondo un processo di autogenerazione, generalmente noto come "Big Bang".

Il "Big Crunch", invece, sarebbe il destino ultimo riservato al cosmo secondo alcune ipotesi, oggi minoritarie: un immenso evento finale dovuto al collasso della materia, una sorta di apocalittica implosione molto simile a quella immaginata dagli antichi Stoici. Ma ciò sarebbe possibile soltanto se l'Universo non fosse infinito: le teorie più accreditate prevedono, invece, uno spazio che si espande illimitatamente dove la materia si propaga senza fine, nonostante l'azione di rallentamento della forza di gravità e della materia oscura.



▲ Tre sono i modelli novecenteschi concorrenti per descrivere la struttura dell'Universo, a seconda del valore assunto dalla densità critica dello spazio-tempo ( $\Omega$ ): l'Universo chiuso, quello stazionario e quello aperto.

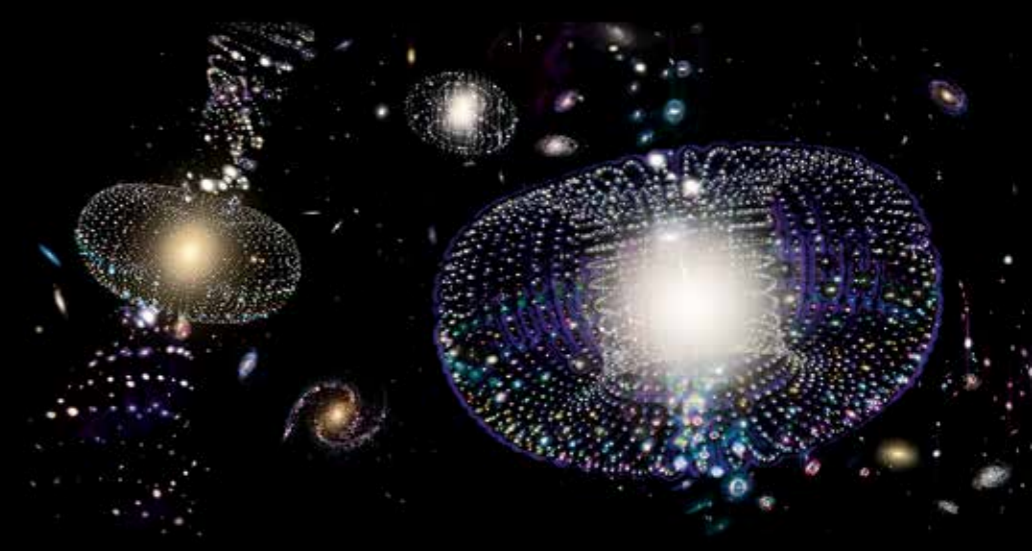
Energia oscura.  
Espansione accelerata.



► Una delle prove addotte a conferma del modello cosmologico del Big Bang è la presenza di una radiazione elettromagnetica che pervade il cosmo e che non è visibile con i telescopi ottici. Questa radiazione costituirebbe la testimonianza residua (fossile) delle prime fasi della genesi del cosmo: essa attualmente si è notevolmente raffreddata dall'espansione e ha una temperatura di pochi gradi sopra lo zero assoluto. La sua mappatura, sempre più precisa, ottenibile tramite i radiotelescopi, è indispensabile per l'affinamento dei modelli cosmologici e, quindi, rappresenta la via maestra per raggiungere l'obiettivo primario della cosmologia: la conoscenza dell'origine dell'Universo e il suo destino.



◀ Il modello inflazionario, che segue la teoria del Big Bang, prevede una subitanea accelerazione dell'espansione dell'Universo, pochi istanti dopo l'inizio. Nella grafica accanto, l'intera storia del cosmo così come descritta dalle più recenti teorie cosmologiche.

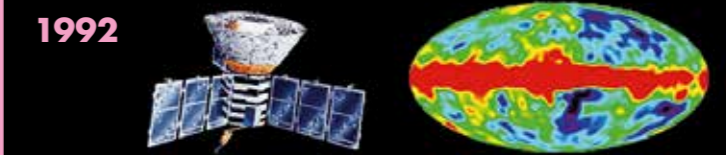


## Mappatura della radiazione di fondo

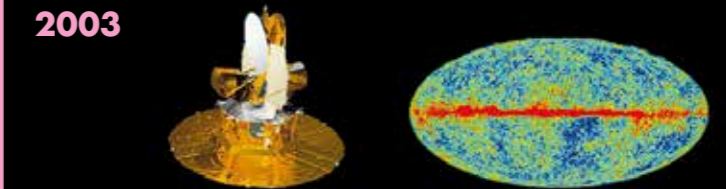
Osservazione con l'antenna di Arno Penzias e Robert Wilson



Osservazione con il Cosmic Background Explorer (COBE)



Osservazione con il Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)



▼ L'idea di un "multiverso", cioè di un insieme di universi paralleli in cui il nostro conviverebbe con numerosi altri, è stata anticipata, come spesso è accaduto nella recente storia della scienza, dalla letteratura d'evazione. L'immaginazione di alcuni scrittori di fantascienza, infatti, ha preceduto alcune ipotesi scientifiche, direttamente legate alle nuove teorie, attualmente ancora in elaborazione, sulle stringhe e sulle bolle cosmiche.

# Ammassi stellari e nebulose

Tra i cosiddetti oggetti del profondo cielo, gli ammassi stellari e le nebulose hanno dimensioni molto inferiori rispetto alle galassie che li ospitano. Dalla Terra è possibile osservare questo tipo di oggetti in gran numero e tutti appartenenti alla nostra Via Lattea. Gli ammassi stellari, aggregazioni ravvicinate di stelle legate dall'azione della gravità, si dividono nei più giovani ammassi aperti (che si risolvono, al telescopio o eccezionalmente a occhio nudo, in una moltitudine di stelle una ben distanziata dall'altra) e nei più antichi ammassi globulari (spesso di forma sferica, dove la maggior parte delle stelle è talmente compatta da risultare un'indistinta macchia luminosa). Le nebulose, formazioni gassose interstellari, si dividono in diffuse e planetarie, a seconda della loro forma apparente, e hanno origini differenti.

## Colori arbitrari nelle fotografie

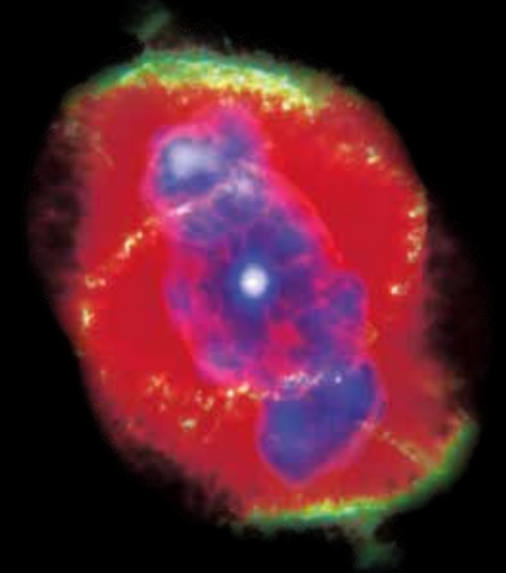
Le più deboli ed evanescenti strutture delle nebulose, impossibili da intravedere visualmente anche tramite potenti telescopi ottici, possono essere evidenziate tramite elaborazioni al computer di immagini ottenute tramite camere digitali. L'esaltazione e la trasformazione dei colori aiutano molto in questo procedimento, com'è chiaro dall'immagine qui sotto che ritrae la NGC 1501 in falsa e accentuata colorazione.



▲ Una delle nebulose più luminose ed estese appartiene al cielo dell'emisfero australe e si trova nella costellazione della Carena. Si tratta di una nebulosa diffusa di circa 260 anni luce che raggiunge la magnitudine apparente di 3: essa è formata da gas ionizzati e contiene al suo interno la luminosa stella Eta della stessa costellazione che, per le sua straordinaria dimensione, è destinata entro pochi secoli a esplodere diventando una supernova. All'interno di questa vastissima formazione sono presenti anche molti ammassi stellari aperti.

▲ Le Pleiadi sono un ammasso aperto della costellazione del Toro, notissimo già agli albori della civiltà grazie alla luminosità di alcune sue stelle e per la sua peculiare conformazione che rende i suoi sette componenti più brillanti ben distinti uno dall'altro, formando un minuscolo asterismo. L'oggetto, in realtà, consta di altre centinaia di singole stelle che non sono visibili a occhio nudo, tutte molto giovani e di colore blu o bianco. Nella foto si nota la presenza di un tipo di nebulose diffuse, quelle a riflessione, che si trova davanti ai suoi astri più brillanti.

▼ Le nebulose planetarie devono il loro nome soltanto alla loro forma, che suggerirebbe quella dei pianeti (nessun rapporto diretto, quindi, con la loro formazione). Qui sotto la Nebulosa Occhio di Gatto della costellazione del Dragone.



◀ Tra i più grandi astronomi di tutti i tempi, l'inglese Frederick William Herschel (1738-1822), grazie all'utilizzo di telescopi riflettori di dimensioni mai raggiunte prima della sua epoca, riuscì a osservare e catalogare un numero straordinario di nebulose e ammassi stellari della nostra galassia, compiendo un censimento completo in vent'anni di assidua ricerca visuale. Il catalogo più noto del profondo cielo, però, si deve a un astronomo francese suo contemporaneo, Charles Messier (1730-1817) e contiene 110 oggetti (comprese anche le galassie) elencati in numero progressivo e preceduti dalla lettera M. Le Pleiadi, ad esempio, sono note anche come "M45".

# I pianeti: Mercurio

Sette mondi diversi dal nostro, tutti inospitali; tutti o troppo vicini o troppo lontani dal Sole per accogliere in seno la vita; alcuni quasi privi di atmosfera, altri avvolti da gas venefici e asfissianti; altri ancora, a causa della loro massa, schiacciano ogni cosa sulla loro superficie: ci avviamo, ora, a esplorarli uno a uno.

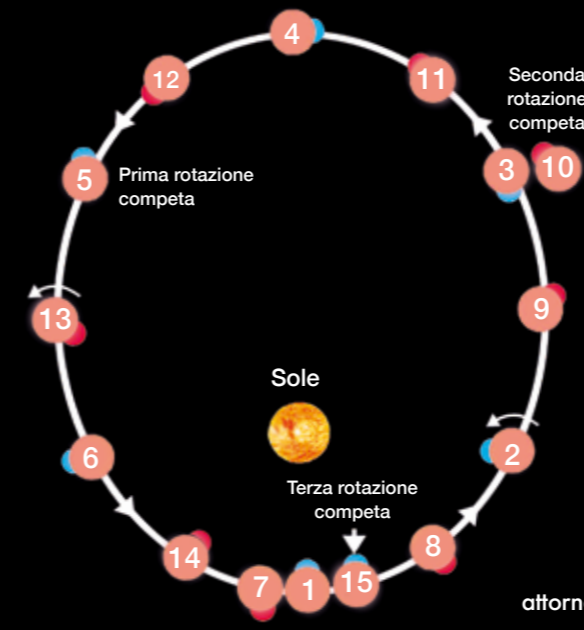
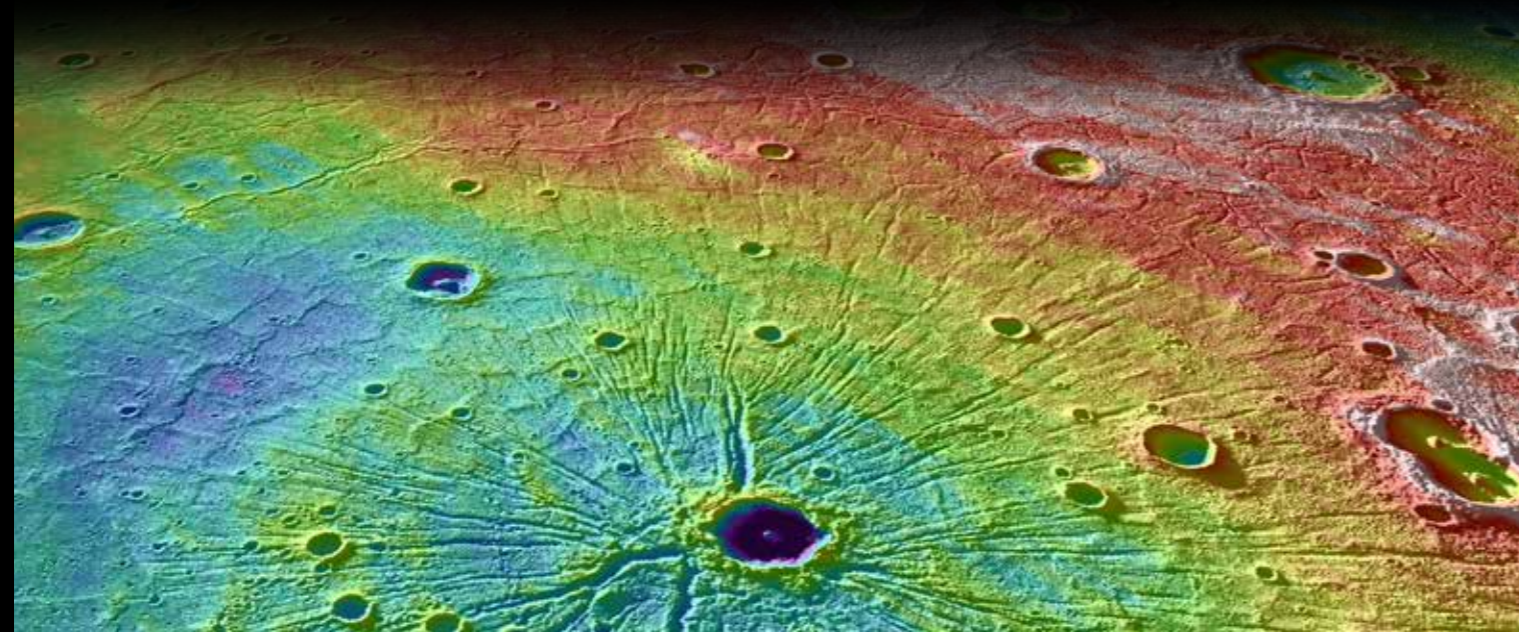
Mercurio è il pianeta più interno del sistema solare: la sua orbita maggiore è di 0,387 u.a., ha un'orbita fortemente eccentrica e un'elevata inclinazione (circa 7°) rispetto a quelle degli altri pianeti.

La particolare combinazione tra rotazione intorno al proprio asse e rivoluzione intorno al Sole, fa sì che, sul pianeta, due anni durino tre giorni. Il suo aspetto ricorda piuttosto da vicino quello della Luna, poiché il pianeta non possiede un'atmosfera di densità significativa. Il suo interno, invece, assomiglia non poco a quello terrestre, vista soprattutto la sua densità.

▼ Quest'immagine ravvicinata di parte della superficie di Mercurio è stata realizzata dalla sonda Messenger che ha orbitato intorno al pianeta dal 2011 al 2015: la falsa colorazione serve a distinguere le varie zone a seconda dell'altezza, partendo dal blu delle zone più basse, fino al rosso delle più elevate.

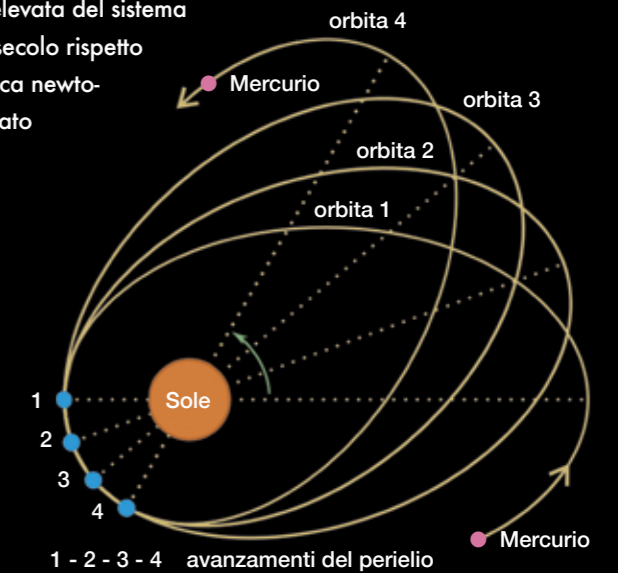


▲ Anche se, fin dal XIX secolo, l'osservazione telescopica della superficie di Mercurio consentì di tracciare le prime mappe morfologiche, seppur molto poco dettagliate, fu soltanto dal 1974, data della prima missione spaziale verso il pianeta, che si ebbe un'idea chiara del suo aspetto. L'immagine qui sopra ritrae Mercurio al tempo della missione Messenger, prima che entrasse nella sua orbita, il 14 gennaio 2008.

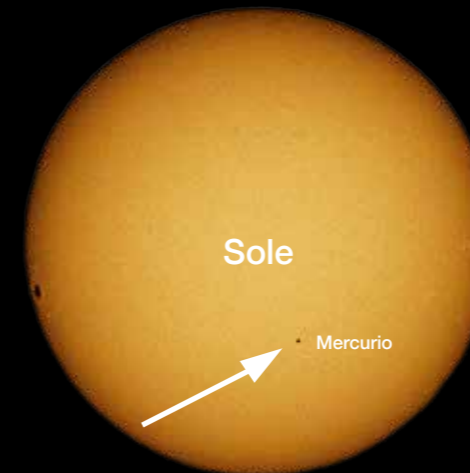


► La direzione del perielio varia lentamente nel tempo per tutti i pianeti, ma la corrispondente velocità di precessione di Mercurio, la più elevata del sistema solare, è più alta di 43" per secolo rispetto a quanto prevede la meccanica newtoniana: tale fenomeno è spiegato dalla teoria di Einstein.

◀ Il moto di Mercurio è caratterizzato da una relazione peculiare (detta "risonanza") tra la rotazione su se stesso (pari a 58,65 giorni terrestri) e quella intorno al Sole (87,97 giorni terrestri): il pianeta, quindi, gira tre volte attorno al proprio asse mentre compie due rivoluzioni intorno al Sole.



▼ Il fenomeno, piuttosto raro, che si verifica allorché Mercurio s'interpone esattamente tra la Terra e il Sole, è detto "transito". Osservabile esclusivamente col telescopio, il minuto disco scuro del pianeta, del quale noi vediamo l'emisfero non illuminato, si sposta lentamente su quello luminoso del Sole. Si tratta di un meccanismo del tutto simile all'eclisse di Sole da parte della Luna, ma ovviamente il diametro del nostro satellite, grazie alla sua vicinanza, è molto più grande e può occultare completamente la nostra stella.



► Mercurio e Venere, avendo un'orbita interna a quella della Terra, si trovano sempre vicino al Sole nella sfera celeste: ciò significa che i pianeti sono osservabili al mattino e alla sera e che questi assumono fasi simili a quelle lunari durante il loro percorso intorno al Sole, le quali variano a seconda della posizione del loro emisfero illuminato rispetto alla Terra.

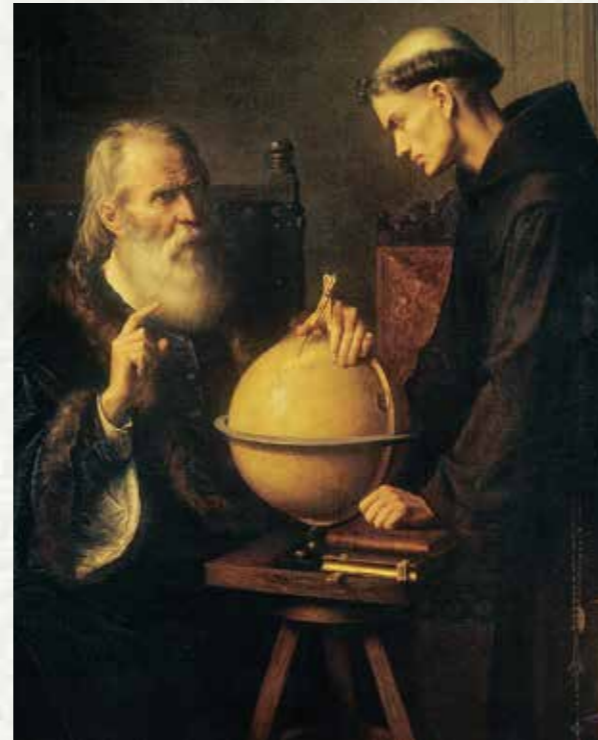


# STORIA DELL'ASTRONOMIA

## Galileo Galilei

L'astronomo, matematico e fisico pisano Galileo Galilei (1564-1642), è unanimemente considerato il padre della scienza moderna. Egli ha sistematicamente aggiunto al tradizionale metodo speculativo e deduttivo della filosofia naturale, il contributo indispensabile dell'esperienza ripetibile e confermativo delle ipotesi formulate: ha cioè dimostrato che non basta pensare correttamente i fenomeni secondo la propria logica e seguendo le autorità tradizionali, ma occorre rapportarsi con l'esperienza della realtà naturale opportunamente interrogata e tenendo conto della necessità della matematica per la sua descrizione. Dopo un'intensa e lunga applicazione ai problemi della fisica meccanica, sulla soglia dei quarant'anni, approfondì e sostenne la correttezza delle ipotesi copernicane, alle quali già aderiva da tempo (come testimonia la sua lettera a Keplero del 1597).

Sarà il geniale utilizzo nell'osservazione del cielo di un nuovissimo strumento, appena inventato in Olanda e subito costruito da Galileo, a spianare la strada all'astronomia telescopica e, soprattutto, alla dimostrazione inoppugnabile della fallacità del geocentrismo tolemaico: il cannocchiale. Per la prima volta nella storia, Galileo osservò l'Universo con una profondità che andava oltre le possibilità della normale vista umana.



▲ Galileo dimostra la nuova teoria copernicana all'università di Padova, alla quale approda nel 1592 come professore di matematica. All'epoca, l'ateneo veneto si distingueva per la libertà di ricerca e insegnamento che concedeva ai suoi docenti.

◀ Questo disegno autografo galileiano, risalente all'ultimo periodo della vita dell'astronomo e di qualche anno successivo alla sua condanna, dimostra, se ce n'era ancora bisogno, che il suo atto di abiura delle tesi copernicane, pronunciata davanti all'Inquisizione romana, fu soltanto una formale e vuota dichiarazione. La Terra è raffigurata insieme agli altri pianeti in orbita intorno a un centro comune. Galileo morirà sei anni dopo la realizzazione dello schizzo qui a fianco, nell'esilio di Arcetri, assistito dai suoi due discepoli Viviani e Torricelli, ormai quasi del tutto cieco.

► Il cannocchiale costruito da Galileo consiste in un tubo a cui sono applicate, alle estremità, due lenti, una convergente e una divergente, di diversa lunghezza focale. Nonostante il suo potere risolutivo molto ridotto, fu comunque in grado di svelare agli occhi di Galileo una stupefacente varietà di nuovi fenomeni nel giro solo di qualche mese, sui quali relazionò nel suo *Sidereus Nuncius* (1610).

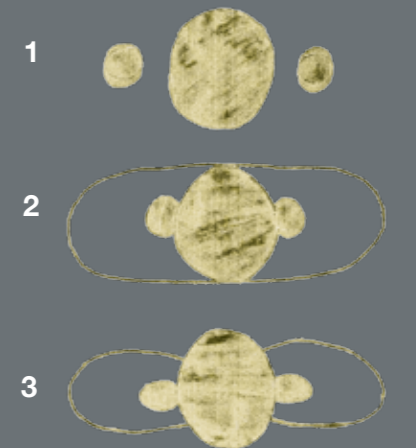


► Nel *Sidereus nuncius* sono riprodotti i disegni ripresi dall'osservazione diretta al cannocchiale effettuata da Galileo. La Luna è rappresentata con crateri e montagne, di cui prima di allora nessuno sapeva nulla, e di queste ultime calcola l'altezza in 7000 metri. Molte altre scoperte si succedono nelle pagine del libro: nuove stelle (in numero dieci volte maggiore rispetto a quelle visibili a occhio nudo), la Via Lattea risolta in innumerevoli punti luminosi, alcuni ammassi stellari, le macchie solari, i quattro satelliti di Giove che formano un sistema planetario in miniatura, le fasi di Venere, che quindi può essere considerato in rivoluzione intorno al Sole.



### Gli anelli di Saturno

Galileo, puntando il suo cannocchiale su Saturno, osserva uno strano sistema formato da tre dischi luminosi, in cui i due più piccoli si dispongono ai lati del più grande, rimanendo sempre allineati, il che escludeva una loro rotazione intorno al pianeta. La ridotta risoluzione del suo strumento non gli consentì di distinguere gli anelli e gli fece ritenere che Saturno fosse un pianeta "tricorporeo".



◀ Nel 1632, Galileo pubblicò la sua maggiore opera cosmologica, il *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, nel quale in forma dialogica si contrappongono le due teorie dell'eliocentrismo e del geocentrismo: pur non esplicitando mai la sua netta adesione alla prima delle due, è evidente da che parte si pone Galileo. Se ne accorse l'Inquisizione che gli estorse la celebre abiura.

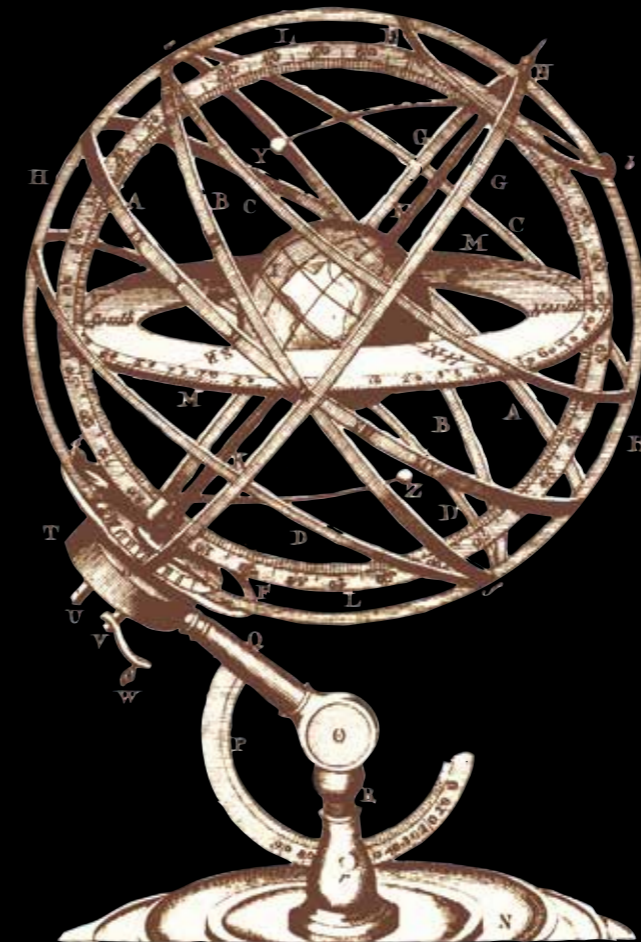
# Sfere armillari

La sfera armillare è essenzialmente uno strumento dimostrativo e didattico, nato per rappresentare il modello tolemaico grazie alla sua tangibilità e tridimensionalità. La rudimentale sfera celeste in pietra dei primi Greci, come anche il globo celeste descritto da Tolomeo nell'*Almagesto* (che però, avrà una seconda vita dal XV secolo in poi), si trasformano, infatti, in un sistema più complesso e preciso, dove la sfera (terrestre) è circondata da una serie di anelli metallici (armille) che rappresentano l'equatore, l'eclittica, i circoli polari e i coluri. Tali anelli si potevano far ruotare per rendere comprensibili i movimenti della sfera celeste e dei loro rapporti reciproci. Nelle sue versioni più moderne, la sfera veniva incastonata su un piedistallo completo di disco dell'orizzonte, il quale era regolato da un anello di meridiano. La sua funzione didattica è testimoniata dalle numerose miniature medievali che la ritraggono con i più importanti insegnanti di astronomia, ad esempio Giovanni di Sacrobosco.



▲ L'invenzione della sfera armillare è stata attribuita a Eratostene e fu molto sfruttata da Tolomeo. Per comprendere il successo che questo strumento ebbe nei secoli successivi, basti far notare che numerosi suoi esemplari erano custoditi, e utilizzati, presso l'osservatorio di Uraniborg gestito da Tycho Brahe.

◀ All'interno della Chiesa di Ognissanti a Firenze è possibile ammirare l'affresco di Botticelli, *Sant'Agostino nello studio* (1480), in cui si scorge un modello semplificato di sfera armillare. La sua presenza suona un po' beffarda, se si pensa che il filosofo cristiano di Ippona, pur accettando di massima la sfericità della Terra, sostenne sempre l'inconsistenza e l'inutilità delle speculazioni intorno alla sua forma e a quella dei cieli.



◀ Nonostante fosse acclarata, in epoca moderna, la correttezza del sistema copernicano, continuarono a essere costruite sfere armillari con la Terra al centro, sulla scia di quanto oggi si fa nell'astronomia di posizione che, per ragioni di semplificazione, continua a calcolare i movimenti degli astri rispetto alla sfera apparente del cielo. Va precisato, però, che vennero approntate anche sfere armillari eliocentriche, in questo molto simili ai più moderni planetari.



▲ Un esempio di sfera armillare antica, raffigurata in un affresco di Villa san Marco di Stabia e risalente al I secolo d.C. Le armille del meridiano e dell'equatore sono idealmente spostate da due figure femminili che rappresentano la primavera e l'autunno, cioè le stagioni degli equinozi.

◀ Incisione settecentesca che illustra i vari componenti di una sfera armillare, giunta ormai a una struttura matura, ricca di movimenti e funzioni. Si noti, ad esempio, il cerchio di meridiano posto alla base del modello che, grazie a un perno, consente di posizionare il globo alla latitudine voluta. Tra le armille più importanti, si possono osservare: il disco dell'orizzonte con i punti cardinali (M), l'anello dell'eclittica (B), quello dell'equatore celeste (A), quello del circolo polare settentrionale (E) e quelli dei coluri (C e D).

# L'uomo sulla Luna

Luciano di Samosata, l'eroico Orlando, il giovane Duracoto, Cyrano de Bergerac, il barone di Münchhausen, Hans Pfaall: tutti viaggiatori che, nell'universo fantastico dei nostri avi, raggiunsero, con vari mezzi di fortuna, il nostro argenteo satellite. Quel sogno millenario divenne realtà, un'estate di fine anni Sessanta del secolo scorso.

Centinaia di milioni di spettatori da tutto il mondo assistettero, in diretta televisiva, alla discesa dal modulo lunare di Neil Armstrong, primo astronauta della storia a calcare il terreno di un oggetto celeste diverso dalla Terra.

Fu una dimostrazione di forza, più che una disinteressata impresa dell'intelletto e della volontà umana, fu l'ultima tappa di una corsa contro il tempo tra due nemici in lotta per la supremazia mondiale; ma al di là delle intenzioni, fu comunque una delle più grandi imprese di cui si è reso protagonista l'uomo, sin dall'epoca delle sue origini.

Un'avventura forse finita troppo presto, ma non per sempre. Di certo, un giorno, nuovi astronauti torneranno a visitare i mari e i crateri del nostro satellite, forse anche per rimanervi ad abitare.



▲ Il 16 luglio 1969 i tre astronauti Neil Armstrong, Buzz Aldrin e Michael Collins partirono, grazie a un razzo Saturn V, dalla base spaziale di Cape Canaveral, a bordo dell'Apollo 11: quattro giorni dopo, i primi due si posarono sul suolo lunare, presso il Mare della Tranquillità.

◀ Armstrong fotografato da Aldrin durante le due ore e mezza di ricognizione extraveicolare. Tra le attività espletate in quel breve lasso di tempo, gli astronauti raccolsero campioni di terreno lunare, fecero alcune fotografie e testarono sia i propri movimenti in relazione alla gravità, sia le attrezzature, per la sicurezza delle eventuali successive missioni.



▲ Il programma Apollo, il cui inizio niente affatto incoraggiante fu testimone della morte di tre astronauti durante un'esercitazione, partì nel 1967 e culminò con i sei allunaggi di Apollo 11, 12, 14, 15, 16 e 17, dal 1969 al 1972. L'Apollo 13 non riuscì ad allunare a causa di un guasto.

► Il modulo lunare (LEM) utilizzato per il programma Apollo (nella foto quello dell'Apollo 16) era un veicolo d'atterraggio (o *lander*) nel quale venivano stipate le attrezzature utili alle attività sul suolo della Luna e che trasportava gli astronauti dalla navicella spaziale alla superficie.



◀ Oltre al modulo lunare, la navicella spaziale Apollo era costituita da un sistema di sicurezza in caso di problemi in fase di lancio, dal modulo di comando (nella foto quello dell'Apollo 15), che trasportava l'equipaggio e le attrezzature fino all'orbita lunare, e dal modulo di servizio, che conteneva la propulsione e il combustibile.



## Dalla Terra alla Luna e ritorno: le singole fasi

Le varie fasi di un tipico viaggio lunare con equipaggio, del programma spaziale Apollo. Il viaggio Terra-Luna durava all'incirca 4-5 giorni, durante i quali la Luna si spostava nella sua orbita intorno alla Terra; la navicella spaziale doveva poi rimanere in orbita lunare per un altro periodo di tempo, per consentire tutte le attività di allunaggio, e poi tornare indietro.

