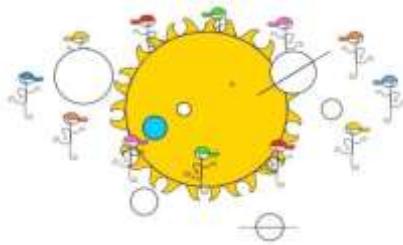


Solar System Tour – XVII edizione

Catania, 29 novembre 2025



Dossier “Il Sistema Solare”

Scuole Secondarie di II grado

Il seguente dossier, preparato dal Comitato Organizzatore, è composto da un breve glossario di termini astronomici e da 10 schede contenenti informazioni sui corpi del Sistema Solare. Alcuni dei valori numerici sono in notazione scientifica.

Glossario

Afelio: distanza massima dal Sole.

Albedo: frazione della luce incidente su un corpo che viene riflessa; il suo valore è compreso tra un massimo di 1 a un minimo di 0. Un corpo con albedo pari a zero è detto “Corpo Nero”.

Eccentricità (e): parametro che caratterizza le sezioni coniche e che può essere interpretato come una misura di quanto la sezione conica si discosta da una circonferenza. Per una circonferenza $e = 0$, per le ellissi $0 < e < 1$, per le parabole $e = 1$, per le iperboli $e > 1$.

Eclittica: percorso apparente che il Sole compie in un anno sulla sfera celeste.

Equatore celeste: proiezione dell’equatore terrestre sulla sfera celeste; attualmente è inclinato di circa $23^{\circ}27'$ rispetto al piano dell’eclittica.

Esosfera: involucro gassoso talmente raro che le sue particelle non collidono quasi mai fra loro; è presente intorno a corpi con forza di gravità debole (Mercurio, Luna, Cerere) o come regione più esterna di un’atmosfera.

Fionda gravitazionale (o assist gravitazionale): tecnica che utilizza la forza di gravità di un pianeta per cambiare la traiettoria e la velocità di un veicolo spaziale. È usata per inviare veicoli verso i pianeti in tempi più brevi e con costi notevolmente inferiori rispetto all’uso dei soli motori del veicolo.

Fotone: costituente elementare della radiazione elettrromagnetica; è privo di massa e ha carica elettrica nulla.

Giorno solare: tempo che intercorre tra due passaggi consecutivi del Sole al meridiano locale in direzione sud. È diverso (in genere più lungo) dal periodo di rotazione (giorno siderale) perché mentre un pianeta ruota su sé stesso, orbita anche attorno al Sole (generalmente nello stesso senso della rotazione).

Meridiano locale (o meridiano): cerchio massimo sulla sfera celeste passante per i poli celesti (i punti attorno a cui sembra ruotare la sfera celeste) e lo zenith (punto nella parte visibile della sfera celeste, esattamente sulla verticale dell’osservatore). La sua intersezione con l’orizzonte individua i punti cardinali nord e sud.

Perielio: distanza minima dal Sole.

Plasma: gas ad alta temperatura in cui gran parte degli atomi risultano ionizzati, ma con carica totale nulla.

Punti Lagrangiani: cinque punti nello spazio dove un corpo di massa molto inferiore a quella del Sole e di un pianeta mantiene una posizione stabile relativamente a entrambi. Visti dal Sole, i punti lagrangiani L4 e L5 di un sistema Sole-pianeta si trovano lungo l’orbita del pianeta 60° prima e 60° dopo il pianeta.

Precessione degli equinozi: spostamento lungo l’equatore celeste del punto di intersezione tra l’equatore celeste e l’eclittica. Vale di circa $50.3''$ /anno ed è dovuto alla variazione dell’orientamento dell’asse di rotazione della Terra.

Precessione del perielio: rotazione dell’asse dell’orbita di un pianeta lungo il piano dell’orbita stessa; è dovuta a interazioni gravitazionali. Come conseguenza la posizione del perielio rispetto alle stelle si sposta gradualmente.

Raggi cosmici: particelle di alta energia (protoni per circa il 90%) provenienti dallo spazio; la loro natura ed energia sono molto varie. Possono provenire dal Sole, dalle stelle, da fenomeni esplosivi quali “novae” e “supernovae” e dai nuclei delle galassie.

Sfera celeste: sfera immaginaria di raggio indeterminato sulla cui superficie ci appaiono proiettati tutti gli astri; la sua rotazione apparente è dovuta alla rotazione della Terra e avviene in $23h\ 56m\ 4''$ (giorno siderale).

Spettro: in astrofisica rappresenta la distribuzione dell’intensità della radiazione emessa (o riflessa) da un corpo celeste in funzione della lunghezza d’onda (o frequenza).

Sublimazione: passaggio diretto dallo stato solido a quello gassoso, senza passare attraverso la fase liquida.

Unità Astronomica (UA): semiasse maggiore dell’orbita della Terra; equivale alla media delle distanze della Terra dal Sole lungo la sua orbita. Il suo valore è di circa $149.6 \cdot 10^6$ km.

Sole

Caratteristiche del Sole

Il Sole ha un'età di circa $4.5 \cdot 10^9$ anni ed è la stella attorno a cui ruotano tutti i corpi del Sistema Solare. È una stella di medie dimensioni, una "nana gialla", costituita per lo più da idrogeno (74%) ed elio (24%). Il raggio del Sole è circa 109 volte quello della Terra, mentre la sua massa è oltre il 99% della massa totale del Sistema Solare.

Il Sole mostra una rotazione differenziale, con una rotazione più lenta ai poli (≈ 35 giorni) e più veloce all'equatore (≈ 25 giorni); ciò è possibile poiché è un corpo interamente allo stato gassoso.

Nel Sole distinguiamo una regione interna (divisa in nucleo, zona radiativa e zona convettiva) e una regione esterna o atmosfera (divisa in fotosfera, cromosfera e corona). Solo l'atmosfera è direttamente osservabile dalla Terra e/o dallo spazio.

Nel nucleo, dove la temperatura raggiunge i $15 \cdot 10^6$ K, avvengono le reazioni di fusione nucleare, che trasformano l'idrogeno in elio principalmente mediante la cosiddetta "catena protone-protone".

Nella zona radiativa, dove l'energia è trasportata per irraggiamento, i fotoni di alta energia prodotti nel nucleo vengono continuamente assorbiti e riemessi dalla materia che incontrano lungo il loro cammino. Questi processi sono così frequenti che, in media, un fotone può impiegare fino a $10 \cdot 10^6$ anni per attraversare l'interno del Sole.

La zona convettiva è formata da "celle", il cui movimento verso l'alto trasporta l'energia fino all'atmosfera; ha uno spessore di circa $450 \cdot 10^3$ km e causa nella fotosfera la cosiddetta "granulazione".

La fotosfera è la parte più interna dell'atmosfera, la prima da cui l'energia proveniente dall'interno può propagarsi nello spazio. La sua temperatura è di circa 5780 K. In fotosfera osserviamo le macchie, costituite dall'ombra, una regione centrale più scura (con temperatura di circa 4000 K) e da un'area circostante con temperatura intermedia detta penombra. Le macchie possono avere dimensioni da poche decine di km fino a circa 160000 km e sono sede di campi magnetici molto intensi, fino a 10^3 Gauss, che inibiscono il trasporto del calore dagli strati più interni provocando il raffreddamento locale della fotosfera. Il numero di macchie raggiunge un massimo circa ogni 11 anni (ciclo di attività solare). Attualmente il Sole si trova nel suo 25° ciclo, con il massimo di attività che si è verificato alla fine del 2024.

La cromosfera si estende per alcune migliaia di km sopra la fotosfera e presenta delle zone brillanti, dette facole, dovute a un più efficiente trasporto di energia che, in parte inibito nelle macchie, riscalda gli strati sovrastanti.

Tra la cromosfera e la corona esiste un sottilissimo strato di plasma, il cui spessore è dell'ordine di 100 km, detto regione di transizione, dove la temperatura aumenta fino ai valori coronali, ovvero oltre 10^6 K.

La corona è lo strato più esterno dell'atmosfera solare. La sua emissione nell'UV e nei raggi X è osservabile solo dallo spazio, mentre la debole emissione nel visibile è osservabile da Terra solo durante le eclissi o mediante i coronografi. Le strutture principali della corona sono le protuberanze e i loop, tubi di flusso magnetico a forma di arco che, emersi nella fotosfera in corrispondenza delle macchie, riempiono parte del volume coronale.

I fenomeni più energetici dell'attività solare sono i brillamenti o "flare", improvvise "esplosioni" che sviluppano enormi quantità di energia e i Coronal Mass Ejection (CME), grandi espulsioni di plasma dalla corona solare. Durante questi fenomeni viene emesso un flusso di particelle (protoni, elettroni e ioni) che investe la Terra e modifica le condizioni dell'alta atmosfera e del campo magnetico. Ciò influenza sia parametri globali come la temperatura, sia le attività umane sulla Terra e nello spazio. Lo studio degli effetti globali dell'attività solare sulla Terra prende il nome di "Space Weather".

Missioni spaziali

Come per tutti i corpi del Sistema Solare, l'invio di satelliti in prossimità del Sole permette di ottenere informazioni non ricavabili da Terra. Per quelle osservazioni possibili dalla Terra i satelliti forniscono in ogni caso un maggiore dettaglio. I satelliti in orbita attorno al Sole studiano, tra l'altro, il vento e il campo magnetico solare e tutti quei fenomeni di attività solare che hanno importanza per la vita sulla Terra.

I primi satelliti per l'osservazione del Sole sono stati lanciati tra il 1959 e il 1968 dalla NASA (l'agenzia spaziale degli Stati Uniti) e orbitarono a una distanza di poco inferiore a quella della Terra.

Con lo sviluppo di schermi protettivi sempre più efficienti è stato possibile inviare satelliti sempre più vicini al Sole. Tra questi hanno avuto grande rilevanza i satelliti SOHO (SOlar and Heliospheric Observatory), lanciato nel 1995, e SDO (Solar Dynamics Observatory), lanciato nel 2010. Quest'ultimo è stato il primo del programma della NASA "Living With a Star", che ha lo scopo di studiare come il Sole influenza la Terra e gli altri corpi del Sistema Solare.

Nel febbraio 2020 l'ESA (l'agenzia spaziale europea) ha lanciato il satellite Solar Orbiter (chiamato anche SOLO), la cui orbita molto eccentrica ha l'afelio a 1.2 UA e il perielio a 0.28 UA (pari a circa $42 \cdot 10^6$ km). Grazie all'inclinazione dell'orbita rispetto all'equatore solare, SOLO rende possibile lo studio delle regioni polari con una risoluzione mai raggiunta fino ad ora. Tra gli strumenti a bordo c'è il coronografo Metis, realizzato in gran parte dall'Istituto Nazionale di Astrofisica.

Nel settembre 2025 il Parker Solar Probe ha raggiunto una distanza minima dal Sole di appena 0.04 UA (pari a $6.2 \cdot 10^6$ km) e, con una velocità di 191 km/s (circa lo 0.064% di quella della luce), detiene il record di oggetto più veloce sin qui costruito dall'uomo.

Cenni storici e "curiosità"

Le macchie solari sono osservate dall'epoca di Galileo. I cicli di attività solare sono contati a partire dal 1755. L'inizio di un dato ciclo corrisponde a un minimo dell'attività. E.W. Maunder notò che tra il 1645 e il 1715 il Sole non mostrò il ciclo undecennale e vennero registrate pochissime macchie. Oggi tale intervallo è indicato come "minimo di Maunder".

Altre informazioni

Ogni secondo il Sole produce un'energia di $3.828 \cdot 10^{26}$ Joule, pari a quella che sarebbe prodotta in un anno da alcuni miliardi di centrali elettriche. La quantità di energia che giunge alla sommità dell'atmosfera terrestre per unità di tempo e superficie è detta Costante Solare ed è pari a 1367 W/m^2 . Questo valore in realtà non è rigorosamente costante, poiché varia leggermente a causa della diversa distanza della Terra dal Sole nel corso di un anno e dei fenomeni di attività solare.

Mercurio

Caratteristiche di Mercurio

Con un raggio di soli 2440 km (≈ 0.38 raggi terrestri) Mercurio è il pianeta più piccolo del Sistema Solare e il più vicino (poco meno di 0.4 UA) al Sole. Insieme a Venere, Terra e Marte, fa parte dei cosiddetti Pianeti Terrestri o Rocciosi.

La sua densità media ($\approx 5.43 \text{ g/cm}^3$) è superata solo da quella della Terra. Mercurio è costituito per circa l'80% della sua massa da un grande nucleo di ferro, solido nella parte centrale e liquido nella parte esterna. Una percentuale superiore a quella di qualsiasi altro pianeta del Sistema Solare.

Il suolo di Mercurio è ampiamente “craterizzato” a causa dei numerosi impatti di corpi minori che hanno contrassegnato il suo passato. Inoltre, la superficie presenta bacini riempiti da vecchie colate laviche, ancora evidenti a causa della mancanza quasi assoluta di un'atmosfera.

La più grande struttura da impatto su Mercurio è il Bacino Caloris, che si è formato a seguito dell'urto con un corpo così grande che per poco non ha spezzato il pianeta. Il Bacino Caloris è uno dei punti più caldi della superficie, perché in quell'area il Sole è alla massima altezza sull'orizzonte quando Mercurio raggiunge il perielio.

A causa della sua piccola massa Mercurio non è in grado di esercitare una forza gravitazionale sufficiente per trattenere i gas più leggeri; quindi non possiede una vera e propria atmosfera, ma solo una esosfera, quasi sicuramente risultato dell'interazione del vento solare con la superficie del pianeta.

L'assenza di atmosfera rende Mercurio uno dei pianeti più caldi ma anche più freddi del Sistema Solare, con temperature che oscillano tra -173 °C e 430 °C.

Missioni spaziali

La prima sonda a sorvolare Mercurio è stata la Mariner 10 nel 1974, che ha inviato a terra numerose misure e migliaia di fotografie, anche se di un solo emisfero.

Solo 35 anni dopo la sonda MESSENGER è entrata in orbita attorno a Mercurio. Tra le numerose scoperte di MESSENGER vi sono le bocche vulcaniche che dimostrano la presenza di lava nel sottosuolo e la conferma di un lentissimo processo di contrazione del pianeta dovuto al raffreddamento del nucleo ferroso liquido. Fenomeno questo che genera sulla superficie lunghe strutture rocciose osservabili per centinaia di km; una sorta di “rughe” tipiche anche della superficie lunare.

Grazie ai dati acquisiti da MESSENGER si è potuto ipotizzare che il campo magnetico di Mercurio è generato dal nucleo liquido ferroso con un “effetto dinamo” simile a quello che si verifica sulla Terra.

Nel 2018 è stata lanciata la missione BepiColombo dell'ESA, che ha l'obiettivo di approfondire lo studio del campo magnetico del pianeta e di testare la teoria della Relatività Generale. BepiColombo ha sfruttato dei passaggi in prossimità della Terra e di Venere come fionde gravitazionali per avvicinarsi a Mercurio. BepiColombo ha già compiuto sei sorvoli (flyby) di Mercurio, arrivando a una distanza minima di circa 165 km dalla superficie e fornendo immagini spettacolari che evidenziano la topografia del terreno. L'ingresso in orbita stabile attorno a Mercurio è previsto nel dicembre 2025.

Cenni storici e “curiosità”

Nonostante Mercurio sia visibile a occhio nudo al crepuscolo o poco prima dell'alba, è molto difficile da osservare a causa della sua vicinanza al Sole. Ciò non ha permesso a molte popolazioni antiche di identificarlo correttamente. I Greci assegnarono a Mercurio due nomi: Apollo, la stella del mattino, e Hermes, la stella della sera; per gli Egizi alle due apparizioni corrispondevano rispettivamente Seth, un dio nefasto che veniva scacciato dalla luce accecante del Sole nascente, e Horus, un dio benigno associato alla figura del faraone e dello Stato. Si pensa sia stato Pitagora a capire per primo che si trattava di un unico pianeta.

Il primo astronomo che tentò di ottenere una mappa della superficie di Mercurio, verso la fine del XIX secolo, fu l'italiano Giovanni Virginio Schiaparelli.

Fino agli inizi del XX secolo per spiegare il valore della precessione del perielio di Mercurio si ipotizzava l'esistenza di un altro pianeta, ancora più vicino al Sole, chiamato Vulcano. Sappiamo oggi che tale pianeta non esiste, in quanto la corretta previsione della precessione del perielio di Mercurio è stata fornita dalla teoria della Relatività Generale.

Sulla superficie di Mercurio l'accelerazione di gravità è, in media, di 3.7 m/s^2 . Quindi, se sulla Terra pesate 70 kg, con una bilancia tarata sull'accelerazione di gravità terrestre su Mercurio registrereste un valore di circa 27 kg. Ma non siete dimagriti, la vostra massa è rimasta invariata, il peso minore è dovuto alla minore accelerazione di gravità.

Altre informazioni

Mercurio non ha satelliti ed è il pianeta con l'orbita più eccentrica e più inclinata sull'eclittica di tutto il Sistema Solare.

Poiché è il pianeta più vicino al Sole, ha la maggiore velocità di rivoluzione. Quando si trova al perielio la velocità di rivoluzione supera quella di rotazione. Pertanto, un osservatore sulla superficie di Mercurio può, all'alba, vedere il Sole sorgere a est, poi tramontare sempre a est (per un tempo pari a qualche giorno terrestre) e infine sorgere nuovamente. Allo stesso modo, la sera, può vedere il Sole tramontare a ovest, poi sorgere brevemente e infine tramontare.

Poiché i periodi di rotazione (circa 58.65 giorni) e di rivoluzione (circa 87.97 giorni) stanno tra di loro in un rapporto 3:2, un osservatore su Mercurio vede il Sole passare al meridiano ogni 176 giorni terrestri (durata del giorno solare mercuriano), pari a due periodi di rivoluzione intorno al Sole.

Venere

Caratteristiche di Venere

Venere è l'oggetto più luminoso del cielo dopo il Sole e la Luna. Per le sue dimensioni (il suo raggio è di 6052 km \simeq 0.95 raggi terrestri), massa e densità, è stato a lungo definito il pianeta "gemello" della Terra.

Il suo periodo di rotazione è di -243 giorni terrestri, dove il segno negativo indica che la rotazione è "retrograda", cioè con verso opposto a quella della rivoluzione attorno al Sole. La sua forma è perfettamente sferica poiché, a causa del lentissimo moto di rotazione, non presenta il riconfiamento equatoriale tipico degli altri pianeti.

Anche se l'interno è probabilmente simile a quello terreste, in superficie Venere si presenta estremamente diverso dal nostro pianeta. La pressione alla superficie è di 92 atmosfere, pari a quella che si registra a circa di 1 km di profondità negli oceani terrestri. L'atmosfera è formata principalmente da anidride carbonica (96.5%), mentre il restante 3.5% è composto principalmente da azoto. Nell'atmosfera di Venere sono presenti strati di spesse nubi di acido solforico che impediscono l'osservazione diretta della superficie dallo spazio. La composizione dell'atmosfera è causa di un fortissimo effetto serra, che nel tempo ha elevato la temperatura superficiale a oltre 460 °C, sia di giorno che di notte. Quindi la superficie di Venere è più calda di quella di Mercurio, anche se la sua distanza dal Sole è quasi doppia.

Forse in passato la superficie di Venere possedeva grandi oceani e condizioni favorevoli alla vita, oggi impossibili a seguito dell'evaporazione dell'acqua dovuta all'alta temperatura.

La superficie di Venere è costituita per l'80% da pianure vulcaniche ed è occupata, rispettivamente a Nord e a Sud dell'equatore, dai continenti "Ishtar Terra" e "Aphrodite Terra". Non ci sono molti crateri da impatto perché gran parte dei meteoriti in arrivo vengono distrutti dalla densa atmosfera; inoltre gli effetti di erosione cancellano rapidamente le tracce degli impatti.

Venere non ha né satelliti né anelli e non possiede, probabilmente a causa della lentissima rotazione, un campo magnetico intrinseco. Possiede però un campo magnetico indotto, di intensità molto più debole di quella terrestre, generato non per effetto dinamo, ma dall'interazione tra la ionosfera e il vento solare.

Missioni spaziali

Venere è stato l'obiettivo di molte missioni, soprattutto tra gli anni '60 e '80 del secolo scorso. Alcune delle sonde sono state danneggiate dall'atmosfera del pianeta, mentre quelle che hanno raggiunto la superficie hanno funzionato solo per brevi periodi a causa della temperatura e della pressione troppo elevate.

Nel 1990 la sonda Magellano della NASA ha fornito la prima mappa completa della superficie grazie a osservazioni radar.

La sonda Venus Express è stata la prima missione di esplorazione dell'Agenzia Spaziale Europea verso Venere. Lanciata nel 2006 ha fornito prove dell'esistenza nel passato di oceani e ha studiato l'atmosfera.

Nel 2013, la NASA ha lanciato il Venus Spectral Rocket Experiment (VeSpR), un telescopio suborbitale per lo studio dell'atmosfera nell'ultravioletto.

Per indagare sul vulcanesimo, la tettonica e la chimica dell'atmosfera di Venere, tra il 2028 e il 2031 la NASA ha in programma di lanciare le missioni "DaVinci+" e "Veritas".

Cenni storici e "curiosità"

Il pianeta è conosciuto sin dall'antichità e gli furono dati nomi diversi a seconda che venisse osservato dopo il tramonto (Vespero) o prima dell'alba (Lucifero). Solo in età ellenistica si comprese che si trattava di un solo pianeta.

Nel mondo occidentale è associato alla dea romana dell'amore e della bellezza Venere, equivalente alla greca Afrodite. I crateri di Venere con diametro maggiore di 20 km portano il nome di donne famose, quelli con diametro inferiore ai 20 km nomi propri femminili di diverse culture.

Galileo fu il primo a osservare Venere con un telescopio, scoprendo che il pianeta mostra un ciclo completo di fasi simili a quelle della Luna. Questa osservazione non è spiegabile con il modello geocentrico di Tolomeo, ma solo con la teoria eliocentrica di Copernico, di cui fu la prima evidenza sperimentale.

Il transito di Venere sul disco solare è stato utilizzato in passato per il calcolo dell'UA. I transiti si verificano quando Venere si interpone esattamente tra la Terra e il Sole e sono eventi molto rari. L'ultimo è stato osservato il 6 giugno 2012, mentre il prossimo sarà visibile solo nel 2117.

Altre informazioni

Il moto di rotazione di Venere è retrogrado e risulta più lungo di quello di rivoluzione. Quindi un osservatore su Venere vedrebbe il Sole sorgere a ovest e tramontare a est, con la lunghezza del giorno solare pari a circa 116.8 giorni terrestri.

Per un effetto di risonanza tra i periodi di rotazione e di rivoluzione del pianeta, Venere rivolge sempre la stessa faccia alla Terra quando i due corpi sono alla minima distanza.

L'asse di rotazione è inclinato di soli 3° rispetto al piano orbitale e ciò determina l'assenza di variazioni climatiche stagionali.

Nel 2020 fu annunciata la scoperta di una rara molecola, la fosfina, nelle nubi acide dell'alta atmosfera di Venere. L'origine della fosfina potrebbe essere dovuta a microbi extraterrestri, ma ad oggi tale scoperta non è stata confermata in modo definitivo.

Venere viene spesso usato come "fionda gravitazionale" per accelerare le missioni spaziali verso altri pianeti. Un evento fino a ora unico nella storia delle esplorazioni spaziali si è verificato tra il 9 e il 10 agosto 2021, quando le missioni BepiColombo e Solar Orbiter hanno compiuto un flyby del pianeta a poche ore l'una dall'altra.

Terra

Caratteristiche della Terra

La Terra, denominata anche il Pianeta Azzurro, è il terzo pianeta del Sistema Solare e, tra i Pianeti Rocciosi, è quello più grande e con densità maggiore. Le caratteristiche che lo rendono unico sono la presenza di acqua allo stato liquido, per circa il 71% della superficie, e di forme di vita molto complesse.

La Terra è costituita da un nucleo interno solido di ferro e nichel, un nucleo esterno liquido, che genera il campo magnetico, un mantello di silicati e una crosta rocciosa suddivisa in placche (o zolle). Le placche scorrono sul mantello (tettonica a zolle), dando luogo a fenomeni quali la deriva dei continenti, la formazione dei rilievi montuosi, l'attività vulcanica e i terremoti.

La Terra possiede un'atmosfera costituita principalmente da azoto (78%) e ossigeno (21%), suddivisa in: troposfera (altezza fino a ~ 20 km), stratosfera (fino a ~ 50 km), mesosfera (fino a ~ 90 km), termosfera (fino a ~ 690 km) ed esosfera (che sfuma verso lo spazio interplanetario). Tra stratosfera e mesosfera è presente uno strato di Ozono (O_3), che scherma la superficie dai raggi UV. Un debole effetto serra, causato dalla presenza di anidride carbonica (0.0391%) e di vapore acqueo, fa in modo che la temperatura media sulla Terra sia di circa 14 °C, rendendo possibile la vita.

Il campo magnetico della Terra si estende per decine di migliaia di km nello spazio, formando una zona chiamata magnetosfera, che fa da scudo al flusso di particelle cariche del vento solare e dei raggi cosmici. L'interazione tra particelle cariche e la magnetosfera origina lo splendido fenomeno delle aurore boreali. Il campo magnetico terrestre presenta notevoli variazioni in direzione e intensità. Ciò ha portato, nel corso delle ere geologiche, alla deriva dei poli magnetici rispetto a quelli geografici e a ripetute inversioni dei poli magnetici Nord e Sud.

L'asse di rotazione terrestre è inclinato di circa 23° 27' rispetto alla perpendicolare al piano dell'eclittica. Questa inclinazione è la causa della presenza delle stagioni. Dal punto di vista astronomico le stagioni sono delimitate dai solstizi, cioè dagli istanti di massima (+23° 27') e minima (-23° 27') declinazione del Sole, e dagli equinozi, cioè dagli istanti in cui la declinazione del Sole è pari a zero. Nell'emisfero boreale il solstizio invernale cade tra il 21 e il 22 dicembre, mentre quello estivo tra il 20 e il 21 giugno. Gli equinozi cadono tra il 19 e il 21 marzo quello di primavera e tra il 22 e il 23 settembre quello di autunno.

La Luna

La Luna è l'unico satellite naturale della Terra; il suo raggio e la sua massa sono rispettivamente circa $\frac{1}{4}$ e circa 1/81 di quelli della Terra. Questi valori così alti insieme con la sua bassa densità e con l'inclinazione della sua orbita rispetto all'equatore terrestre, fanno propendere per una formazione della Luna a seguito dell'urto della Terra con un corpo delle dimensioni di Marte chiamato Theia.

La Luna ruota attorno al proprio asse in circa 27.32 giorni, un periodo identico a quello di rivoluzione attorno alla Terra. Da questa uguaglianza deriva il fatto che la Luna ci rivolge sempre la stessa faccia e quindi l'esistenza, se si osserva dalla Terra, di una "faccia nascosta". In realtà il Sole illumina sempre metà della superficie lunare; la porzione di area illuminata visibile dalla Terra determina la "fase lunare"; un ciclo completo di fasi è detto "lunazione" e ha una durata di circa 29.53 giorni.

La Luna è la causa principale delle maree, che rallentano lentamente il moto di rotazione della Terra e fanno allo stesso tempo allontanare la Luna di circa 38 mm all'anno. Le posizioni reciproche di Terra, Luna e Sole, in alcune particolari condizioni, causano le eclissi, che possono essere solari o lunari, totali o parziali.

Data la sua relativa vicinanza (in media $384.4 \cdot 10^3$ km), la Luna è stato obiettivo di molte missioni spaziali condotte per primi, dagli Stati Uniti d'America e dall'Unione Sovietica. Grazie alle missioni Apollo gli USA sono stati in grado di far sbarcare un totale di 12 astronauti sul suolo lunare. In particolare, il 20 luglio 1969 il modulo Eagle (il LEM di Apollo 11) effettuò il primo allunaggio con uomini a bordo. I tre astronauti di Apollo 11 erano Neil Armstrong, "Buzz" Aldrin e Michael Collins, con quest'ultimo che rimase però in orbita lunare a bordo del modulo di comando.

Dalla metà degli anni '90 assistiamo a un rinnovato interesse per l'esplorazione lunare. La NASA e l'ESA, con il progetto Artemis, e la CNSA (l'agenzia spaziale cinese), hanno tra i loro obiettivi l'installazione di una base abitata permanente.

Nel giugno 2024 la missione Chang'e 6 (dal nome della dea cinese della luna) della CNSA è stata la prima a prelevare campioni di terreno dalla faccia nascosta e riportarli a Terra.

La vita sulla Terra

Le prime forme elementari di vita comparvero sulla Terra circa un miliardo di anni dopo la sua formazione. Dapprima lentissima, l'evoluzione ebbe un'accelerazione improvvisa nel Cambriano, circa 543 milioni di anni fa, quando comparvero migliaia di nuove specie antenate degli animali e delle piante che oggi popolano la Terra.

La presenza di vita sulla Terra è stata più volte a rischio a causa delle "estinzioni di massa", eventi che hanno portato a una notevole riduzione, fino al 90%, delle specie viventi. L'estinzione più famosa, probabilmente causata dalla caduta di un piccolo asteroide, si è verificata 65 milioni di anni fa e causò, tra l'altro, la scomparsa dei dinosauri e l'inizio dell'era dei mammiferi.

Per quanto riguarda la specie umana, risalgono a circa 3.2 milioni di anni fa i resti dell'Australopithecus Afarensis "Lucy", rappresentante della specie nostra più antica antenata. L'Homo Sapiens compare in Africa solo 150000 anni fa. Attualmente la Terra ospita poco più di 8 miliardi di esseri umani, un numero che si ritiene crescerà fino ad almeno 9 miliardi nel 2050.

Cenni storici e "curiosità"

Quando il Sole evolverà diventando una "gigante rossa" la sua luminosità aumenterà e sulla Terra si avranno conseguenze devastanti, come l'evaporazione degli oceani e l'estinzione di ogni forma di vita. Tra circa 4 miliardi di anni il Sole avrà dimensioni pari a quelle attuali dell'orbita terrestre. Secondo alcuni modelli, in quel momento però l'orbita terrestre avrà un raggio di circa 1.7 UA a causa della diminuita massa del Sole. Simulazioni più recenti mostrano invece che l'orbita terrestre, a causa di effetti di marea, decadrà, causando il suo ingresso nell'atmosfera solare. Molto prima degli effetti dovuti all'evoluzione solare potrebbero risultare catastrofiche le attività antropiche, quali la deforestazione e la produzione di gas serra, che stanno causando un riscaldamento globale del pianeta. Gli effetti sono lo scioglimento dei ghiacciai e significativi cambiamenti climatici, che potrebbero, in un futuro non molto lontano, modificare drasticamente le condizioni di vita sul pianeta.

Marte

Caratteristiche di Marte

Marte è il quarto pianeta in ordine di distanza dal Sole e ha un diametro poco più grande di metà di quello della Terra. Ben visibile a occhio nudo è noto fin dall'antichità e porta il nome del dio romano della guerra. A causa del suo colore rosso acceso, dovuto alla grande abbondanza di ossido di ferro sulla superficie, è anche detto il "Pianeta Rosso".

A causa della notevole differenza tra la distanza minima, circa 0.52 UA, e massima, circa 2.52 UA, dalla Terra, la sua luminosità varia notevolmente.

Un giorno su Marte dura 24h 37m: è il periodo di rotazione più simile a quello della Terra tra tutti i pianeti del Sistema Solare. Marte ha una densità media più bassa rispetto agli altri pianeti rocciosi, poiché possiede un nucleo poco ricco di ferro. A causa di ciò Marte non possiede un campo magnetico apprezzabile e quindi non dispone di una protezione dagli effetti del vento solare e delle altre particelle ad alta energia provenienti dallo spazio.

Marte ha un'atmosfera sottilissima, composta per il 95% da anidride carbonica. Si ritiene che in passato l'atmosfera fosse assai più consistente, ma che sia stata erosa nel tempo dal vento solare. Sono presenti forti venti, con velocità fino a 200 km/h, che causano tempeste di sabbia in grado di oscurarne la superficie per mesi.

La tenue atmosfera ha una bassa capacità di trattenere il calore e quindi l'escursione termica è elevata. La temperatura sul pianeta varia infatti da -123 °C a + 22 °C, a seconda delle zone e delle stagioni.

La superficie ha una grande varietà morfologica, con monti, vallate, crateri, bacini e vulcani. A causa della bassissima densità, l'atmosfera non è in grado di consumare buona parte delle meteore, che pertanto raggiungono il suolo con maggior frequenza che non sulla Terra.

Tra i monti di Marte troviamo il Monte Olimpo che, con un'altezza di 24 km, è il più alto vulcano del Sistema Solare. Un complesso di canyon, lungo 4500 km, largo fino a 120 km e profondo fino a 7 km, attraversa quasi un quarto della circonferenza del pianeta ed è chiamato Valles Marineris.

Un'altra caratteristica di Marte sono le calotte polari, depositi stratificati di anidride carbonica e sabbia, le cui dimensioni variano nel corso delle stagioni. Durante l'estate l'anidride carbonica sublima; nell'emisfero boreale la calotta nord scompare lasciando un residuo di ghiaccio d'acqua, mentre la calotta sud si restringe, ma non scompare mai del tutto.

La presenza di striature sulla superficie è stata interpretata come dovuta ad acqua allo stato liquido nei mesi più caldi; il che implicherebbe la presenza di un ambiente abitabile su Marte. Tuttavia queste strutture sono compatibili anche con un'origine "secca", dovuta all'accumularsi di polvere a causa del vento.

Missioni spaziali

Negli ultimi 60 anni sono state oltre 40 le sonde inviate verso Marte. Le prime sonde a posarsi su suolo nel 1976, sono state le Viking 1 e 2, che hanno raccolto informazioni sul suolo e sull'atmosfera. Le due sonde contenevano anche degli apparecchi per compiere esperimenti di biologia, in particolare per cercare tracce di una qualche presenza di vita.

Il rover Curiosity della NASA, arrivato su Marte nel 2012, ha confermato la presenza di composti organici contenenti atomi di carbonio, idrogeno e ossigeno; non c'è però alcuna evidenza sulla loro origine, cioè se derivino o meno da processi biologici. Nel 2021 si sono posate su Marte sia la missione spaziale Tianwen-1 dell'Agenzia Spaziale Cinese, che la missione Mars 2020 della NASA. Quest'ultima, costituita dal rover "Perseverance" e dal drone "Ingenuity", ha avuto come obiettivo lo studio dell'abitabilità di Marte e la ricerca di tracce di vita.

Cenni storici e "curiosità"

Il "volto su Marte" (o Volto di Cydonia) è una struttura che fu fotografata per la prima volta nel 1976 dalla sonda Viking 1 e qualcuno la ritenne una costruzione realizzata da una civiltà ormai scomparsa. Recentissime missioni, come il Mars Global Surveyor, hanno mostrato che il "volto su Marte" è in realtà solo un insieme di altipiani, il cui aspetto varia in funzione della direzione di provenienza della luce solare. Il volto di Cydonia appariva soltanto a causa di una interpretazione errata di immagini a bassa risoluzione.

Nel 1877 Giovanni Schiaparelli, utilizzando un telescopio con una lente da 22 cm di diametro, disegnò la prima mappa dettagliata di Marte. Egli osservò delle strutture sulla superficie che definì "canali". La superficie del pianeta sembrava presentare diverse lunghe linee, alle quali Schiaparelli attribuì nomi di celebri fiumi terrestri. Il mondo scientifico iniziò a credere che su Marte vi fossero canali artificiali, costruiti per l'irrigazione da una civiltà tecnologica. Successivamente fu dimostrato che il telescopio di Schiaparelli non era adeguato a quel tipo di osservazioni e che i canali erano in realtà illusioni ottiche, causate dall'occhio umano che tende a collegare più punti vicini in una linea.

La CNSA punta a diventare la prima agenzia spaziale a portare sulla Terra campioni della superficie di Marte. La missione Tianwen-3, il cui lancio è previsto nel 2028, dovrebbe infatti raccogliere almeno 500 grammi di suolo marziano e portarli sulla Terra nel 2031.

Altre informazioni

Marte possiede due piccoli satelliti, di forma irregolare scoperti nel 1877 da Asaph Hall: Phobos (in greco "paura") e Deimos (in greco "terrore"), molto probabilmente asteroidi catturati.

Phobos è il maggiore e il più interno dei due, orbita a meno di 6000 km dalla superficie di Marte risultando così il satellite naturale fin qui noto più vicino al proprio pianeta. Phobos orbita in 7h 39m che, caso unico nel Sistema Solare, è un tempo minore del periodo di rotazione del pianeta. Quindi dalla superficie di Marte si osserva sorgere a ovest e tramontare a est. Phobos è soggetto a grandi forze mareali da parte di Marte, che provocano una costante e inesorabile riduzione del raggio dell'orbita e che ne causeranno infine la disgregazione tra circa $30 \cdot 10^6$ di anni.

Asteroidi

Caratteristiche degli asteroidi

Con il termine asteroidi si indicano corpi del Sistema Solare di piccole dimensioni, solo 26 hanno un diametro maggiore di 200 km, privi di forma sferica e di atmosfera. La maggior parte degli asteroidi è concentrata in tre regioni:

- a) la "Fascia Principale", una zona compresa tra le orbite di Marte e Giove che contiene il 97% degli asteroidi attualmente conosciuti: la loro massa totale è pari a circa il 5% di quella della Luna. I tre asteroidi più grandi della "Fascia Principale" sono Pallas, Vesta e Hygiea, che sono tra i pochi ad avere una forma approssimativamente sferica.
- b) i "Punti Lagrangiani" L4 e L5 dell'orbita di alcuni pianeti; sono chiamati "Troiani" e sono presenti in massima parte nei punti L4 e L5 dell'orbita di Giove; recentemente ne sono stati scoperti anche per Venere, Terra, Marte, Urano e Nettuno.
- c) la "Fascia di Kuiper", una regione oltre l'orbita di Nettuno (vedere la sezione Nettuno e oltre...).

Gli asteroidi sono classificati anche in base alla composizione chimica deducibile dai loro "spettri". Le principali classi di asteroidi sono: tipo C (carbonio), tipo S (silicio) e tipo M (nickel-ferro).

Alcuni satelliti come Deimos e Phobos e quelli più esterni dei pianeti gassosi sono quasi certamente asteroidi catturati.

Numero degli asteroidi

Asteroidi conosciuti: oltre 1.470.000 **Asteroidi numerati:** oltre 875000 **Asteroidi con un nome ufficiale:** 25682

Al momento della scoperta a ogni asteroide viene assegnata una sigla provvisoria. La numerazione definitiva, e in alcuni casi un nome, viene data solo dopo che ne è stata determinata con precisione l'orbita. Grazie alle ricerche sistematiche, in corso o che cominceranno nei prossimi anni, ci si aspetta di scoprire e classificare altri 5 milioni di asteroidi nei prossimi 10 anni.

Pianeti nani

Nel 2006 l'Unione Astronomica Internazionale ha introdotto la categoria dei "Pianeti Nani", oggetti con caratteristiche intermedie tra pianeti e asteroidi. Fra questi Cerere, nome della dea protettrice della Sicilia, che ha un diametro di 952 km e una massa pari a 1/3 del totale di tutti gli asteroidi della Fascia Principale. Cerere fu scoperto nel 1801 da Giuseppe Piazzi a Palermo; considerato fino al 2006 il più grande degli asteroidi, è ora classificato come pianeta nano. Il 6 marzo 2015 la sonda DAWN è entrata in orbita intorno a Cerere, dimostrando, tra l'altro, l'esistenza di ghiaccio di acqua sulla sua superficie.

Origine degli asteroidi

Gli asteroidi sono residui del disco proto-planetario. Nella fase di formazione del Sistema Solare, gli effetti gravitazionali (risonanze) indotti da Giove impedirono la formazione di corpi più grandi di 1000 km nella regione compresa tra Marte e Giove. Probabilmente gli oggetti più grandi di 1 km non sono corpi monolitici, ma aggregati di frammenti più piccoli.

Comete

Caratteristiche delle comete

I nuclei cometari sono composti da sostanze volatili come acqua, anidride carbonica e metano allo stato solido, mescolati con grani di polvere di vari minerali.

Quando una cometa si avvicina al Sole, il calore fa sublimare i ghiacci del nucleo. Il gas e i grani di polvere liberati vanno a formare un'atmosfera di grandi dimensioni attorno al nucleo, chiamata chioma.

Per interazione della chioma con il vento solare si formano due code. La coda di polveri, di forma leggermente incurvata, è costituita dalle particelle solide, che diffondono la luce solare, e appare di colore bianco-giallo. La coda di ioni, di forma rettilinea, è costituita dal gas ionizzato dalla radiazione UV solare, ed è caratterizzata da un tipico colore blu.

Il nucleo ha dimensioni di pochi km e a ogni passaggio nelle vicinanze del Sole una parte del materiale di cui è composto va disperso nello spazio. Le comete quindi si "consumano" e dopo un certo numero di passaggi in prossimità del Sole esauriscono la componente gassosa o si disgregano. Alcune sono state osservate avvicinarsi troppo al Sole e "cadere" su di esso.

Origine delle comete

Si ritiene che comete di corto periodo, cioè inferiore a 200 anni, provengano dalla "Fascia di Kuiper", mentre le comete a lungo periodo, oltre 200 anni, o non periodiche (cioè che percorrono orbite aperte), provengano dalla "Nube di Oort". Il numero totale di comete a oggi note è di oltre 4500.

Missioni spaziali

Comete e Asteroidi sono state visitate da numerose sonde automatiche. Di particolare rilevanza la missione dell'ESA "Rosetta", che ha orbitato attorno alla cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko sganciando il lander "Philae". Nel 2022 ha avuto successo il primo tentativo di alterare la traiettoria di un asteroide. La navicella DART della NASA ha colpito Dimorphos, un asteroide con 160 m di diametro, portando così a termine il primo esperimento di una tecnologia per la difesa della Terra da impatti di asteroidi (Planetary Defense). Nel 2023 la sonda Osiris Rex ha riportato sulla Terra campioni prelevati sull'asteroide Bennu, nei quali è stata accertata la presenza di carbonio e di minerali argillosi contenenti acqua.

NEO e PHA

Vengono chiamati Near Earth Objects (NEO) asteroidi e comete con distanza al perielio minore di 1.3 UA; attualmente se ne conoscono poco meno di 40000, in massima parte asteroidi. Tra questi quasi 900 hanno un diametro maggiore di 1 km. I NEO che si avvicinano a meno di 0.05 UA dalla Terra rivestono particolare interesse e sono detti Potentially Hazardous Asteroids (PHA), in quanto potrebbero collidere con il nostro pianeta. Attualmente conosciamo 2511 PHA e tra questi 153 hanno diametro maggiore di 1km. Nessuno dei PHA attualmente conosciuti potrà colpire il nostro pianeta nei prossimi 150 anni. Attualmente sono in corso vari progetti dedicati al monitoraggio continuo dei NEO, sia per aggiornare la loro posizione nello spazio sia per scoprirne di nuovi.

Giove

Caratteristiche di Giove

Giove è il quinto pianeta in ordine di distanza dal Sole ed è il più grande del Sistema Solare. Il suo periodo di rivoluzione è di poco inferiore a 12 anni terrestri. Il suo raggio è circa 11 volte quello della Terra e la sua massa è oltre il doppio della somma delle masse di tutti gli altri pianeti. È classificato, al pari di Saturno, Urano e Nettuno, come pianeta gassoso.

Giove ha una composizione dell'atmosfera simile a quella del Sole, con il 75% di idrogeno e il 24% di elio, ma, a differenza del Sole, possiede anche composti quali ammoniaca, metano, acqua e acido solfidrico per il rimanente 1%. Mostra sistemi nuvolosi organizzati in fasce orizzontali, la cui interazione dà luogo a violente tempeste, vortici e turbolenze, con venti che raggiungono velocità superiori a 400 km/h.

La Grande Macchia Rossa è un enorme vortice atmosferico. Lunga circa 25000 km e larga circa 12000 km si trova nell'emisfero sud del pianeta è stata scoperta da G.D. Cassini nel 1665. Si ritiene sia una struttura quasi stabile e che quindi, al contrario di altri vortici simili ma più piccoli, sia destinata a permanere ancora a lungo nell'atmosfera.

Si ritiene che il pianeta possieda un nucleo roccioso costituito da ferro e silicati, circondato da uno strato di idrogeno metallico liquido e da uno strato di idrogeno molecolare ed elio.

Il campo magnetico di Giove è molto intenso ed è dovuto alla grande massa di idrogeno metallico, che funziona come un gigantesco conduttore elettrico. La magnetosfera di Giove è la più grande a oggi conosciuta per un corpo planetario. Inoltre, è la struttura più grande del Sistema Solare non appartenente al Sole, avendo una dimensione massima che la porta a superare l'orbita di Saturno. Nelle regioni polari di Giove sono state osservate delle emissioni aurorali simili alle aurore polari terrestri, la cui origine non è ancora stata spiegata in modo soddisfacente.

Missioni spaziali

Le prime sonde ad avvicinarsi a Giove sono state la Pioneer 10 nel 1973 e in seguito le Pioneer 11, Voyager 1 e Voyager 2.

La sonda della NASA Galileo, che raggiunse Giove nel 1995, è stata la prima a orbitare attorno al pianeta e a inviare un "probe" (una parte della sonda principale) nella sua atmosfera.

La missione Juno della NASA ha raggiunto Giove nel 2016. Posta in orbita polare, il suo scopo è quello di mappare i campi gravitazionale e magnetico del pianeta e di studiare la struttura e la composizione chimica dell'atmosfera.

Nel 2023 è stato lanciato il JUpiter ICy moons Explorer (JUICE), una missione dell'ESA il cui obiettivo è l'esplorazione di Ganimede, Europa e Callisto. Queste tre lune di Giove, a causa della presenza di acqua liquida sotto la superficie, sono candidate ideali per la ricerca di vita.

Cenni storici e "curiosità"

Tra il 16 e il 22 luglio del 1994 i 21 frammenti in cui si era frazionato il nucleo della cometa Shoemaker-Levy 9 caddero su Giove. La Shoemaker-Levy 9 è stata la prima cometa a essere osservata durante la collisione con un pianeta. L'evento era previsto e fu quindi ben osservato. Un secondo caso, questa volta non previsto ma anch'esso su Giove, è stato registrato nel 2009, quando un astrofilo australiano ha ottenuto le immagini della zona di impatto di una cometa o di un asteroide. Queste osservazioni avvalorano la teoria secondo la quale Giove agisce come "scudo gravitazionale" della regione interna del Sistema Solare, impedendo a molti dei piccoli corpi che arrivano dall'esterno di colpire i pianeti rocciosi. Un ridotto numero di impatti da parte di comete e asteroidi potrebbe aver favorito la comparsa e il mantenimento della vita sulla Terra.

Giove emette una quantità di energia due volte e mezzo superiore a quella che riceve dal Sole e quindi deve possedere una qualche sorgente interna di energia. Questa energia potrebbe essere prodotta da una lenta contrazione del pianeta, che trasforma energia potenziale gravitazionale in radiazione, producendo una temperatura centrale di circa 20000 K, che è largamente insufficiente per innescare reazioni di fusione termonucleare.

Altre informazioni

Attualmente si conoscono 97 satelliti naturali di Giove. Il 7 gennaio del 1610 Galileo Galilei osservò per la prima volta i quattro satelliti principali: Io, Europa, Ganimede e Callisto. Galileo dedicò la sua scoperta a Cosimo II de' Medici e pertanto essi vengono spesso indicati come "satelliti medicei". La loro esistenza dimostrò per la prima volta, e con certezza, che potevano esistere dei moti per i quali la Terra o il Sole non erano al centro.

Ganimede è il più grande satellite del Sistema Solare e supera per dimensioni anche Mercurio. Sulla superficie di Io sono state osservate numerose eruzioni vulcaniche. Questo satellite è il corpo geologicamente più attivo del Sistema Solare. Europa ha una superficie ghiacciata priva di crateri da impatto al di sotto della quale si ritiene si trovi un oceano di acqua allo stato liquido. Callisto è il satellite più fortemente "craterizzato" del Sistema Solare. Per le loro dimensioni tutti e quattro i satelliti medicei sarebbero stati classificati come pianeti nani se avessero orbitato attorno al Sole.

A tutti i satelliti di Giove è stato assegnato il nome di un personaggio della mitologia greca in qualche modo legato a Zeus. Giove possiede un sistema di anelli molto tenue e di bassa luminosità molto difficile da osservare dalla Terra, scoperto dalla Voyager 1 nel 1979. Diviso in quattro parti principali si estende da circa 92000 km fino a circa 226000 km di distanza dal centro del pianeta. Si è probabilmente formato dalla polvere espulsa da alcuni satelliti a seguito dell'impatto su di essi di meteoriti.

Saturno

Caratteristiche di Saturno

Saturno è il sesto pianeta del Sistema Solare e, con un raggio circa 9.5 volte quello della Terra, il secondo per dimensioni. Saturno ha la densità più bassa di tutti i pianeti, pari a circa 0.69 volte quella dell'acqua: in un ipotetico oceano abbastanza grande da contenerlo galleggerebbe!

Saturno ha una forma visibilmente “schiacciata”, con una differenza di quasi il 10% tra il raggio equatoriale e quello polare. Tale schiacciamento è dovuto alla bassa densità e alla sua rapida rotazione.

Come tutti i pianeti gassosi, Saturno non possiede una vera e propria superficie. Non vi è una separazione netta tra atmosfera e interno; scendendo verso il centro la densità e la temperatura aumentano. Saturno ha un nucleo di ferro, nichel e silicati allo stato solido. Il nucleo è circondato da uno strato di idrogeno metallico allo stato liquido, da uno strato di elio e idrogeno molecolare allo stato liquido.

L'atmosfera è composta principalmente da idrogeno (96.3%), elio (3.2%). Si alternano bande chiare e scure simili a quelle di Giove, ma più deboli. Le nubi che si trovano negli strati superiori sono costituite da cristalli di ammoniac, che conferiscono al pianeta il tipico colore giallo chiaro. L'atmosfera è, inoltre, percorsa da venti fortissimi, con velocità fino a 1800 km/h in prossimità dell'equatore. Dopo quelli di Nettuno, questi venti sono i più intensi del Sistema Solare.

Nell'atmosfera sono state osservate strutture di forma ovale e cicloni. Una persistente struttura esagonale, composta da nubi, è stata fotografata nei pressi del polo nord dalle Voyager 1 e 2 e successivamente dalla sonda Cassini. Questa struttura è unica nel Sistema Solare e sembra stabile nel tempo.

Nel 2006 la sonda Cassini della NASA ha osservato un uragano centrato sul polo sud, con un “occhio” ben definito. Tale scoperta ha una notevole importanza perché, a parte che sulla Terra, non erano mai stati osservati nel Sistema Solare cicloni così ben definiti.

Si ritiene che l'esistenza di correnti elettriche nello strato di idrogeno metallico liquido e l'elevata rotazione del pianeta, siano i responsabili della presenza di un campo magnetico prodotto per effetto dinamo. L'interazione tra il campo magnetico e le particelle caricate provenienti dal Sole origina delle spettacolari aurore polari.

Missioni spaziali

Nel 1979 la sonda Pioneer 11 scoprì il campo magnetico di Saturno, i Voyager 1 e 2 (1980 e 1981) ne misurarono l'intensità e rivelarono la presenza di un'atmosfera su Titano, il maggiore dei suoi satelliti.

Dal 2004 al 2017 la sonda Cassini ha orbitato attorno all'intero sistema di Saturno studiandolo in grande dettaglio.

Cassini ha rilasciato il “lander” Huygens, che si è posato sulla superficie di Titano e ne ha studiato l'atmosfera e la superficie. L'atmosfera di Titano contiene azoto e composti del carbonio, uno degli elementi che costituiscono le cellule degli esseri viventi; la pressione alla superficie è simile a quella dell'atmosfera terrestre. La temperatura media, circa -180°C , permette la presenza del metano in forma liquida e di un vero e proprio “ciclo del metano” analogo al ciclo dell'acqua sulla Terra: evaporazione, formazione di nubi, precipitazioni, formazione di fiumi e mari. Si ritiene che l'atmosfera di Titano sia simile a quella primordiale della Terra.

Di eccezionale importanza la scoperta di geyser di acqua sul satellite Encelado, che fanno pensare alla presenza di un oceano liquido sotto la sua crosta ghiacciata. Nei materiali emessi dai geyser sono state identificate diverse molecole organiche complesse, che si formerebbero direttamente nell'oceano sotterraneo e potrebbero rappresentare precursori di molecole biologicamente rilevanti. Sembra inoltre accertata l'esistenza di fosforo, uno degli elementi fondamentali per le forme di vita sulla Terra. Queste osservazioni rendono il sottosuolo di Encelado il luogo più probabile nel Sistema Solare, dopo la Terra, per la presenza di vita.

Nel 2013 la sonda Cassini ottenne una foto storica. Utilizzando il disco di Saturno per schermare il bagliore del Sole, immortalò la Terra dalla distanza di 1.5 miliardi di km. Da quella distanza la Terra appare come un piccolo puntino blu, con accanto un puntino ancor più piccolo e grigastro: la Luna.

Cenni storici e “curiosità”

Saturno è il più lontano dei pianeti visibili a occhio nudo, ovvero di quelli conosciuti sin dall'antichità, ed impiega poco meno di 30 anni terrestri per completare una rivoluzione attorno al Sole.

Saturno fu osservato per la prima volta con un telescopio da Galileo nel 1610. A causa della scarsa potenza dei suoi strumenti, Galileo non riuscì a distinguere gli anelli; pensò invece che il pianeta fosse accompagnato da due grandi satelliti e lo definì “tricorporeo”. Fu C. Huygens, nel 1655, ad annunciare la presenza degli anelli e scoprire Titano, l'unico satellite del Sistema Solare con una densa atmosfera.

Con ben 274 conosciuti, Saturno detiene il primato per il maggior numero di satelliti tra tutti i pianeti del Sistema Solare.

Altre informazioni

Gli anelli di Saturno sono costituiti da innumerevoli corpi, con dimensioni dal micron al metro, composti da ghiaccio d'acqua per oltre il 99%, con tracce di toline, silicati e carbone amorfo. Potrebbero essersi formati a seguito dall'impatto di un satellite di Saturno con una cometa o con un altro satellite o potrebbero essere del materiale che non è riuscito ad aggregarsi per formare un satellite.

Gli anelli orbitano sul piano equatoriale e la loro larghezza totale è di circa 284400 km (quasi 3/4 della distanza Terra-Luna), ma hanno uno spessore compreso tra 10 m e 1 km. In rapporto alla loro larghezza sono molto più sottili di un foglio di carta. Gli anelli sono divisi in sette regioni principali separate da “divisioni”. La divisione più famosa è quella di Cassini, che separa i due anelli principali, detti A e B.

Nel 2009 il telescopio spaziale Spitzer ha scoperto un gigantesco anello, detto di Phoebe, che si estende tra circa 6 e 16 milioni di km da Saturno ed è inclinato di 27° rispetto al piano equatoriale. Il nome deriva dall'ipotesi che questo anello si sia formato da materiale espulso dal satellite Phoebe, che orbita a 13 milioni di km da Saturno, a causa di impatti di meteoroidi e comete.

Urano

Caratteristiche di Urano

Urano è il settimo pianeta in ordine di distanza dal Sole e il terzo, con un raggio di 4 volte quello della Terra, per dimensioni. Dista dal Sole in media 19.2 UA e impiega poco più di 84 anni a compiere una rivoluzione completa.

La sua atmosfera, come quelle di Giove e Saturno, è ricca di idrogeno ed elio ma, come il suo gemello Nettuno, contiene anche “ghiacci” di acqua, ammoniaca e metano e tracce di idrocarburi. L’atmosfera ha una temperatura minima di -224 °C ed è, con quella di Nettuno, la più fredda del Sistema Solare. Per queste basse temperature Urano e Nettuno sono spesso chiamati “i giganti ghiacciati”.

È il metano, presente nella parte più esterna dell’atmosfera, a conferire al pianeta il suo colore blu-verde. Nell’atmosfera i venti raggiungono velocità di quasi 900 km/h e nella zona equatoriale sono retrogradi, soffiano cioè nella direzione opposta alla rotazione del pianeta.

Il nucleo di Urano è composto principalmente da silicati, ferro e nichel ed è circondato da uno strato di gas ghiacciati.

Una caratteristica peculiare di Urano è l’asse di rotazione, inclinato di 98°, cioè quasi parallelo, rispetto al piano dell’orbita. Si pensa che questa inclinazione sia il risultato dell’urto di Urano con un corpo simile alla Terra nella fase di formazione del Sistema Solare.

Ogni polo riceve luce per circa 42 anni, seguiti da 42 anni di buio. Nel corso dell’anno uraniano i poli ricevono dal Sole più energia delle regioni equatoriali, ma Urano è, circostanza ancora non spiegata, più caldo all’equatore che ai poli.

Il campo magnetico è fortemente inclinato, circa 59°, rispetto all’asse di rotazione del pianeta.

Urano ha un sistema di anelli, quelli attualmente noti sono 13, molto sottili, osservato per la prima volta nel 1977. Ad eccezione di quello più esterno, gli anelli sono composti da detriti scuri con dimensioni comprese tra pochi micron e frazioni di metro e sono, con ogni probabilità, il risultato della frantumazione di uno o più satelliti a seguito di impatti.

Missioni spaziali

L’unica missione spaziale che, fino a oggi, ha esplorato Urano è stata la Voyager 2, che ha effettuato un flyby avvicinandosi fino a 81500 km nel gennaio 1986.

Urano e la sua atmosfera sono state studiate utilizzando la Camera planetaria a grande campo (WFPC) a bordo del Telescopio Spaziale Hubble (HST), uno strumento che ha consentito di scoprire 2 nuove lune (Mab e Cupido) e altri 2 anelli. Gli anelli scoperti da HST sono uno rosso e l’altro, il più esterno, di colore blu. Una ipotesi avanzata per spiegare il colore blu dell’anello esterno è che esso sia composto da minuscole particelle di ghiaccio d’acqua rilasciate dalla superficie del satellite Mab, tali particelle sarebbero sufficientemente piccole da diffondere la luce blu.

Tra le future missioni proposte dalla NASA e da altre agenzie spaziali, c’è “Uranus Orbiter and Probe (UOP)”, che dovrebbe migliorare la conoscenza del gigante di ghiaccio grazie a una serie di sorvoli ravvicinati.

Cenni storici e “curiosità”

Urano venne scoperto nel 1781 da William Herschel, che gli diede il nome di “Georgian Planet” in onore di re Giorgio III d’Inghilterra, suo mecenate. Questo nome non venne mai accettato all’esterno della Gran Bretagna e furono proposti numerosi nomi alternativi; quello finale entrò in uso alla fine del XIX secolo.

Herschel non era un astronomo “professionista”, ma un musicista di Hannover trasferitosi in Inghilterra e appassionato di astronomia. Per diletto costruiva telescopi e con uno di questi riuscì a scorgere il pianeta mentre redigeva una rassegna sistematica di oggetti celesti.

Urano è al limite di visibilità a occhio nudo ed era già stato osservato molte volte precedentemente, ma era sempre stato scambiato per una stella.

Altre informazioni

I 29 satelliti di Urano ad oggi noti sono composti di ghiaccio e roccia in uguali percentuali. I loro nomi derivano dalle opere dei poeti inglesi W. Shakespeare e A. Pope. I cinque più grandi sono: Titania, Oberon, Umbriel, Ariel e Miranda, con i primi quattro che potrebbero possedere oceani di acqua liquida sotto la superficie ghiacciata.

I satelliti possono essere suddivisi in tre gruppi: i 15 più interni, i 5 principali e 9 irregolari. Le lune più interne sono corpi piccoli e scuri, che hanno origini e proprietà comuni a quelle degli anelli; le lune irregolari hanno orbite ellittiche fortemente inclinate, prevalentemente retrograde, e sono probabilmente degli asteroidi catturati. Nel suo insieme il sistema dei satelliti di Urano è il meno massiccio tra quelli dei pianeti giganti: la massa combinata dei cinque maggiori satelliti è minore della metà di quella di Tritone, la maggiore delle lune di Nettuno.

Si ritiene che su Urano, e anche su Nettuno, avvenga un fenomeno incredibilmente affascinante: la formazione diamanti, che ha inizio negli strati più elevati dell’atmosfera. Crescendo in dimensioni, fino a milioni di carati col trascorrere dei millenni, i diamanti affonderebbero fino a posarsi sul nucleo solido del pianeta, che sarebbe quindi circondato da un preziosissimo (almeno per noi terrestri...) guscio. Il processo di formazione dei diamanti, che sono costituiti da carbonio puro, si ritiene legato al bombardamento delle particelle solari e cosmiche contro i composti idrocarburici presenti nell’atmosfera di Urano.

Nettuno e oltre...

Caratteristiche di Nettuno

Con una distanza media dal Sole di poco più di 30 UA, Nettuno è l'ottavo e il più lontano dei pianeti del Sistema Solare. È il quarto per dimensioni e, con poco più di 17 volte la massa della Terra, il terzo per massa.

Fu scoperto il 23 settembre 1846 da J.G. Galle e H. d'Arrest grazie a previsioni teoriche ottenute dai matematici U. Le Verrier e J.C. Adams. Infatti, alcune anomalie nelle posizioni osservate di Urano portarono a ipotizzare l'esistenza di un pianeta sconosciuto che ne perturbasse l'orbita. Questa scoperta fu un successo straordinario per la scienza dell'epoca e rappresentò un'eccezionale conferma della teoria gravitazionale newtoniana. In realtà, Nettuno era già stato osservato da Galileo nel dicembre 1612 e nel gennaio 1613, quando si trovava vicino a Giove, ma non abbastanza a lungo per evidenziarne lo spostamento rispetto alle stelle e quindi capire che si trattava di un pianeta.

Nettuno ha una composizione chimica, sia interna che atmosferica, molto simile a quella di Urano; il suo colore azzurro più intenso di quello di Urano potrebbe essere dovuto alla presenza di un qualche costituente ancora sconosciuto.

Nettuno ha un'intensa attività meteorologica, caratterizzata dai venti più forti di tutto il Sistema Solare, che raggiungono velocità fino a 2200 km/h. Inoltre, sono stati osservati numerosi vortici simili, ma con vita molto più breve, alla grande macchia rossa su Giove. Il maggiore di questi vortici è la Grande Macchia Scura, fotografata nel 1989 dalla sonda Voyager 2. Nel 1994 il Telescopio Spaziale Hubble ha fotografato il pianeta, ma della Grande Macchia Scura non c'era più traccia. Recentemente, usando il Very Large Telescope dell'European Southern Observatory, è stata osservata un'altra grande macchia scura nell'atmosfera di Nettuno, dimostrando che si tratta di fenomeni relativamente frequenti, ma di breve durata.

Nettuno ha un campo magnetico fortemente inclinato (circa 47°) rispetto all'asse di rotazione. L'intensità del campo magnetico di Nettuno è circa 25 volte quella del campo magnetico terrestre ed è generato in un involucro sferico sottile posto all'esterno del nucleo probabilmente composto da ammoniaca, metano e acqua per effetto dinamo.

Nettuno possiede un debole sistema di 5 anelli, il cui colore rossastro è dovuto alla presenza di silicati o di materiali a base di carbonio che rivestono particelle di ghiaccio. Gli anelli, a cui è stato dato il nome di scienziati (Adams, Le Verrier, Galle, Lassell e Arago), sono di "recente" formazione e sembrano alquanto instabili.

Nettuno ha 16 satelliti naturali noti, a cui sono stati dati nomi di divinità marine della mitologia greca. Il più grande è di gran lunga Tritone, scoperto 17 giorni dopo Nettuno. Tritone è il corpo più freddo del Sistema Solare ed è geologicamente ancora attivo. Il suo polo sud mostra strutture probabilmente causate da materiale espulso da attività vulcanica o di tipo geyser.

L'orbita di Tritone è retrograda rispetto alla rotazione di Nettuno ed è inclinata rispetto all'equatore del pianeta; due circostanze che indicano che non si è formato con Nettuno ma è stato successivamente catturato.

Gli oggetti trans-nettuniani (TNOs)

Gli oggetti trans-nettuniani sono corpi minori del Sistema Solare con orbita esterna a quella di Nettuno. Attualmente ne conosciamo 1036 numerati, ovvero con orbite ben determinate, e oltre 4000 non-numerati, ovvero con orbite non ancora ben determinate. Si stima che esistano più di 10^5 TNOs con diametro maggiore di 100 km.

Plutone, adesso definito "Pianeta Nano" è stato il primo TNO ad essere scoperto nel febbraio del 1930, mentre il secondo è stato identificato solo nel 1992. I TNOs più grandi attualmente noti sono: Plutone, Eris, Haumea, Makemake, Gonggong, Sedna, Quaoar e Orcus.

Data la grande distanza dal Sole, i TNOs hanno tutti una temperatura superficiale dell'ordine di -220 °C. Sono composti principalmente da ghiacci di acqua, metano e ammoniaca e da silicati.

In base alla distanza dal Sole e alle caratteristiche dell'orbita sono classificati in oggetti della "Fascia di Kuiper", del "disco esteso" e "Sednoidi". Quelli ultimi sono quelli con le orbite più eccentriche e più distanti dal Sole; il più lontano fino ad oggi noto è Leleākūhonua, la cui distanza all'afelio è di 2320 UA.

Missioni spaziali

Voyager 2 ha sorvolato Nettuno nell'agosto 1989, scoprendo il campo magnetico, i fenomeni meteorologici, 6 nuovi satelliti e il suo sistema di anelli.

Nel luglio 2015, dopo 9 anni dal lancio e 5 miliardi di km percorsi, la sonda della NASA New Horizons ha effettuato un flyby di Plutone e dei suoi satelliti, più grande dei quali, Caronte, ha una massa pari a 1/8 di quella di Plutone. New Horizons ha proseguito il suo viaggio verso la fascia di Kuiper e l'1 gennaio 2019 è passata a soli 3500 km dall'asteroide Arrokoth. New Horizons proseguirà il suo viaggio esplorando l'eliosfera esterna, che potrebbe raggiungere nel 2047.

La Nube di Oort

È la regione più esterna del Sistema Solare, la cui presenza è stata ipotizzata nel 1950 dall'astronomo J. Oort per spiegare l'origine delle comete a lungo periodo. Si pensa che abbia forma esterna sferica e si estenda tra circa 2000 UA e non meno di 50000 UA. Nel suo insieme la Nube di Oort potrebbe contenere fino a 10^{12} corpi con diametro maggiore di 1km, la cui massa totale potrebbe essere maggiore di quella della Terra.

Comete e asteroidi interstellari

Sono stati recentemente identificati tre oggetti provenienti dallo spazio interstellare. Sono corpi che hanno viaggiato per milioni o miliardi di anni prima di incontrare il Sistema Solare. Il primo 1I/'Oumuamua è stato osservato nel 2017, il secondo 2I/Borisov nel 2019, il terzo 3I/Atlas nel 2025. Questi oggetti hanno orbite iperboliche e velocità estremamente elevate, non compatibili con una loro origine all'interno del Sistema Solare. Si ritiene che le elevate velocità siano il risultato di numerosi assist gravitazionali forniti dalle stelle incontrate nel loro percorso all'interno della nostra galassia. La 3I/Atlas ha raggiunto al perielio una velocità di 68 km/s. La minima distanza dalla Terra sarà di circa 270 milioni di km il prossimo 19 dicembre. 3I/Atlas potrebbe avere oltre 7 miliardi di anni, ovvero oltre tre miliardi di anni in più del Sistema Solare. Un'età che la renderebbe la più antica cometa osservata finora. Si stima che gli oggetti interstellari che attraversano la parte più interna del Sistema Solare siano circa uno l'anno, ma poiché sono assai poco luminosi e veloci sono molto difficili da identificare.