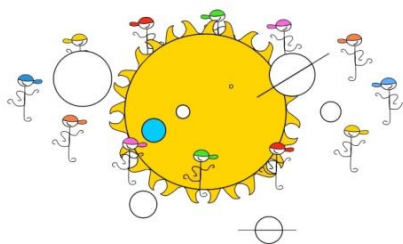


Solar System Tour – XV edizione

Catania, 25 novembre 2023



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. I 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 non negativo 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 rispetto alle stelle.

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

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

Fotone: costituente elementare della radiazione elettromagnetica, è una particella priva di massa e con 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.

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

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 dei pianeti lungo il piano dell'orbita stessa; è dovuta a interazioni gravitazionali e 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 $23\text{h } 56\text{m } 4'$ (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

Parametri fisici

Raggio: $6.955 \cdot 10^5$ km (≈ 109 raggi terrestri)

Luminosità: $3.828 \cdot 10^{26}$ W

Magnitudine apparente: -26.8

Periodo di rotazione: 25-35 giorni

Massa: $1.989 \cdot 10^{30}$ kg (≈ 333000 masse terrestri)

Età: $\approx 4.5 \cdot 10^9$ anni

Caratteristiche del Sole

Il Sole è la stella attorno a cui ruotano gli otto pianeti del Sistema Solare, i loro satelliti e innumerevoli altri corpi minori. Il Sole è quindi la stella più vicina alla Terra ed emette una grande quantità di luce e calore che permettono l'esistenza della vita sul nostro pianeta. Il Sole è una stella di medie dimensioni (è classificata come "nana gialla"), costituita per lo più da idrogeno (74%) ed elio (24%); la sua massa è più del 99% della massa totale del Sistema Solare. Il Sole mostra una rotazione differenziale, più lenta ai poli (≈ 35 giorni) e più veloce all'equatore (≈ 25 giorni); ciò è possibile poiché è interamente allo stato gassoso. Nel Sole possiamo distinguere una regione esterna, detta atmosfera, osservabile sia dalla Terra che dallo spazio, e una regione interna, non direttamente osservabile.

La regione interna è costituita da tre zone: il nucleo, la zona radiativa e la zona convettiva. Nel nucleo, dove la temperatura raggiunge circa $15 \cdot 10^6$ 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 (si può avere la ri-emissione dello stesso fotone, oppure di più fotoni; in questo caso la somma delle energie dei fotoni è pari a quella del fotone iniziale). I processi di assorbimento e di emissione sono così frequenti che, in media, un fotone impiega circa 10 milioni di anni per attraversare l'interno del Sole. La zona convettiva è formata da "celle convettive", il cui movimento verso l'alto trasporta l'energia fino all'atmosfera. La zona convettiva ha uno spessore di circa $450 \cdot 10^3$ km.

L'atmosfera del Sole si divide in: fotosfera, cromosfera, regione di transizione e corona. 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 detta penombra (con temperatura intermedia). Le macchie solari hanno diametri compresi tra poche decine di km e circa 160000 km e sono sede di intensi campi magnetici, fino a 10^3 Gauss, che inibiscono il trasporto del calore dagli strati più interni. Il numero di macchie raggiunge un massimo ogni 11 anni circa (ciclo di attività solare). Attualmente il Sole si trova nel suo 25° ciclo e si stima che il prossimo massimo solare dovrebbe verificarsi entro i primi sei mesi del 2026. La presenza dei moti convettivi è testimoniata dall'osservazione sulla fotosfera della così detta "granulazione". 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, inibito in prossimità delle macchie, riscalda gli strati sovrastanti. Tra la cromosfera e la corona esiste un sottilissimo strato di plasma, di circa 100 km, detto regione di transizione, dove la temperatura aumenta fino ai valori coronali (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. In corona avvengono i fenomeni più energetici dell'attività solare, i brillamenti o "flare": improvvise "esplosioni" che coinvolgono enormi quantità di energia (fino a 10^{32} erg) e che possono anche danneggiare i satelliti in orbita e interferire con i sistemi di telecomunicazione sulla Terra.

Missioni spaziali

I primi satelliti per l'osservazione del Sole sono stati lanciati tra il 1959 e il 1968 dalla NASA e orbitarono attorno al Sole a una distanza di poco inferiore a quella della Terra, effettuando le prime misure dettagliate del vento e del campo magnetico solare. Il satellite SOHO (Solar and Heliospheric Observatory), lanciato nel 1995, ha permesso di studiare in grande dettaglio molte delle caratteristiche dell'atmosfera solare. Il satellite SDO (Solar Dynamics Observatory), lanciato nel 2010, sta ancora oggi studiando le cause della variabilità del Sole per valutarne le conseguenze per la vita sulla Terra. Infine, il 10 febbraio 2020 è stato lanciato il satellite dell'ESA Solar Orbiter (chiamato anche SOLO). Questo satellite ha un'orbita piuttosto eccentrica, con afelio a 1.2 UA e perielio a 0.28 UA, pari a circa 42 milioni di chilometri, che è la minima distanza dal Sole mai raggiunta da una missione spaziale. SOLO ha lo scopo di effettuare misurazioni sul plasma, il campo magnetico, le onde e particelle energetiche del vento solare. Inoltre, rende possibile lo studio delle regioni polari con una risoluzione mai raggiunta fino ad ora, grazie all'inclinazione della sua orbita (all'inizio di 24°) rispetto all'equatore del Sole. Tra gli strumenti di osservazione a bordo di Solar Orbiter c'è il coronografo italiano Metis.

Cenni storici e "curiosità"

Fino al XVI secolo si ritenne valido il sistema tolemaico, secondo il quale la Terra è posta al centro dell'Universo. Tra il XVI e XVII secolo Nicolò Copernico, Galileo Galilei e Giovanni Keplero ripresero la concezione eliocentrica, già proposta in epoca ellenistica da astronomi quali Aristarco di Samo (III secolo a.C.), che pone il Sole al centro del sistema planetario.

Altre informazioni

Ogni secondo il Sole produce un'energia di $3.828 \cdot 10^{26}$ Joule, pari a quella prodotta in un anno da 2.5 miliardi di centrali elettriche. La quantità di energia che giunge alla sommità dell'atmosfera terrestre è pari a 1367 W/m² ed è detta Costante Solare. Nonostante il nome, questo valore non è rigorosamente costante. Oltre alle variazioni dovute alla diversa distanza della Terra dal Sole nel corso di un anno, il suo valore dipende anche dai fenomeni di attività solare, durante i quali viene espulso un flusso di particelle (protoni, elettroni e ioni) che investe la Terra e modifica le condizioni dell'alta atmosfera e del campo magnetico, influenzando sia parametri globali come la temperatura, sia le attività dell'uomo sulla Terra e nello spazio.

Mercurio

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 2440 km (\approx 0.38 raggi terrestri)

Distanza media dal Sole: 0.387 Unità Astronomiche

Eccentricità dell'orbita: 0.206

Periodo di rotazione: 58.65 giorni

Periodo di rivoluzione: 87.97 giorni

Satelliti: 0

Caratteristiche di Mercurio

Mercurio è il pianeta più piccolo del Sistema Solare e il più vicino al Sole. Il suo diametro è poco più di un terzo di quello della Terra e, 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 da un grande nucleo di ferro (solido nella parte centrale e liquido nella parte esterna) che costituisce circa l'80% della sua massa; una percentuale di ferro superiore a quella di qualsiasi altro pianeta del Sistema Solare. Il nucleo è circondato da un mantello e da una crosta rocciosi composti da silicati, con spessore di circa 600 km. Il suolo di Mercurio è ampiamente "craterizzato" a causa dei numerosi impatti di corpi minori che hanno contrassegnato il suo passato. Inoltre, la superficie di Mercurio presenta bacini riempiti da vecchie colate laviche, ancora evidenti a causa della mancanza quasi assoluta di un'atmosfera. La più grande struttura da impatto è il Bacino Caloris, chiamato così perché è uno dei punti più caldi della superficie, dove il Sole è alla sua massima altezza sull'orizzonte quando Mercurio raggiunge il perielio. Il Bacino Caloris ha un diametro di circa 1550 km e si è formato a seguito dell'impatto con un corpo così grande che per poco non ha spezzato il pianeta.

Mercurio è molto vicino al Sole e con la sua piccola massa non è capace di esercitare una forza gravitazionale sufficiente per trattenere i gas più leggeri; quindi, non possiede una vera e propria atmosfera, ma solo un tenue strato di gas, una "esosfera", quasi sicuramente risultato dell'interazione del vento solare con la superficie del pianeta. La quasi totale mancanza di atmosfera rende Mercurio uno dei pianeti più caldi e più freddi del Sistema Solare, con temperature che oscillano da $-173 \text{ }^\circ\text{C}$ a $430 \text{ }^\circ\text{C}$.

Missioni spaziali

Nel 1974 Mariner 10, la prima sonda a sorvolare Mercurio, 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 attorno al Bacino Caloris, che dimostrano la presenza di lava nel sottosuolo. Inoltre, la sonda ha confermato un lentissimo processo di contrazione del pianeta, dovuto al raffreddamento del nucleo ferroso liquido che, solidificandosi, causa una diminuzione dell'intero volume di Mercurio. Questo fenomeno si osserva fin sulla superficie, che appare frastagliata da "scarpate lobate", strutture tipiche anche della superficie lunare. MESSENGER ha anche osservato dei tornado magnetici, dovuti all'interazione tra il vento solare e il campo magnetico del pianeta. Grazie ai dati acquisiti, si è potuto ipotizzare che il campo magnetico di Mercurio è generato dal nucleo liquido ferroso con un "effetto dinamo", proprio come sulla Terra. La presenza del nucleo liquido ha origine nei forti effetti mareali causati dall'elevata eccentricità dell'orbita del pianeta, che forniscono l'energia necessaria a rallentarne la solidificazione.

Il 20 ottobre 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. Nell'ottobre 2021 e nel giugno 2022, BepiColombo ha compiuto due sorvoli (flyby) di Mercurio, arrivando a una distanza minima di circa 240 km dalla superficie e fornendo immagini spettacolari che evidenziano la topografia del terreno. L'ingresso in orbita attorno a Mercurio avverrà a fine 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. In seguito, Pitagora capì che si trattava di un unico pianeta. Mercurio è il dio del commercio e il protettore dei ladri, ed è il corrispondente del dio greco Hermes, il messaggero degli Dei. Probabilmente il pianeta ha ricevuto questo nome perché è quello che si muove più velocemente sulla volta celeste.

Il primo astronomo che tentò di mappare la superficie di Mercurio, verso la fine del XIX secolo, fu l'italiano Giovanni Virginio Schiaparelli, che ipotizzò che i periodi di rotazione e rivoluzione di Mercurio fossero uguali. Fino agli inizi del '900, 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.

Altre informazioni

Mercurio 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, il cui valore, quando si trova al perielio, supera quella di rotazione. Pertanto, un osservatore sulla superficie di Mercurio può, all'alba, vedere il Sole sorgere a est, poi tramontare (per un tempo pari a qualche giorno terrestre) sempre a est 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 e di rivoluzione stanno tra di loro in un rapporto 3:2, un osservatore su Mercurio vede il Sole passare al meridiano (durata del giorno solare mercuriano) ogni 176 giorni terrestri, pari a due periodi di rivoluzione intorno al Sole.

Sulla superficie di Mercurio l'accelerazione di gravità è in media di 3.7 m/s^2 . Quindi, se sulla Terra pesate 70 kg e misurate il vostro peso su Mercurio, con una bilancia tarata sull'accelerazione di gravità terrestre, registrereste un valore di circa 27 kg. Tuttavia, non siete dimagriti: la vostra massa è rimasta invariata; il peso diverso è dovuto alla minore accelerazione di gravità. L'11 novembre 2019 è stato possibile osservare dalla Terra un transito di Mercurio sul Sole, per il prossimo dovremo attendere fino al 13 novembre del 2032.

Venere

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 6052 km (\approx 0.95 raggi terrestri)

Distanza media dal Sole: 0.723 Unità Astronomiche

Eccentricità dell'orbita: 0.007

Periodo di rotazione: -243 giorni

Periodo di rivoluzione: 224.7 giorni

Satelliti: 0

Caratteristiche di Venere

Venere è l'oggetto più luminoso del cielo dopo il Sole e la Luna, raggiungendo al massimo la magnitudine apparente di: -4.6. Per le sue dimensioni, massa e densità, è stato a lungo definito il pianeta "gemello" della Terra. La sua forma è perfettamente sferica poiché, a causa del suo lentissimo moto di rotazione, non presenta il rigonfiamento equatoriale tipico degli altri pianeti. Anche se l'interno è probabilmente simile a quello terrestre (un nucleo di ferro, un mantello di rocce fuse e una crosta esterna), in superficie Venere si presenta estremamente diverso dal nostro pianeta. La pressione alla superficie è di 92 atmosfere, pari a quella registrata alla profondità di 1 km 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 Venere possedeva grandi oceani e condizioni favorevoli alla vita, oggi impossibile a seguito dell'evaporazione dell'acqua dovuta all'alta temperatura. Le nubi riflettono circa il 60% della luce solare e ciò determina l'elevata albedo del pianeta. Nell'alta atmosfera sono presenti forti venti (fino a 350 km/h), la cui intensità diminuisce progressivamente verso il basso. 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 interagendo con la densa atmosfera, inoltre gli effetti di erosione cancellano rapidamente le tracce degli impatti.

Venere è il pianeta con il maggior numero di vulcani, alcuni dei quali probabilmente ancora attivi, vista, ma l'assenza di flussi lavici accanto alle caldere visibili rimane ancora un problema non risolto.

Venere non ha né satelliti né anelli e non possiede, probabilmente a causa della lentissima rotazione, un campo magnetico intrinseco. Nel 1967 la sonda Venera 4 ha però scoperto che il pianeta possiede un campo magnetico indotto, di intensità molto più debole di quella terrestre, generato da un'interazione tra la ionosfera e il vento solare e non per effetto dinamo.

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, evidenze di fulmini nell'atmosfera e ha individuato un gigantesco doppio vortice polare al polo sud. Il 26 novembre del 2013, la NASA ha lanciato il Venus Spectral Rocket Experiment (VeSPeR), 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 ed il 2031 la NASA ha in programma di lanciare le missioni "DaVinci+" e "Veritas". Venere viene spesso usato come "fionda gravitazionale" per accelerare le missioni spaziali verso altri pianeti.

Cenni storici e "curiosità"

Il pianeta è conosciuto sin dall'antichità e prese 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 di Tolomeo, ma solo con la teoria eliocentrica di Copernico. Il transito di Venere sul disco solare è stato utilizzato in passato per il calcolo della distanza Sole-Terra. 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 molto lento e con una durata di 243 giorni è 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 di 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. È del 14 settembre 2020 la notizia che nelle nubi acide dell'alta atmosfera di Venere è stata scoperta la presenza di una rara molecola, la fosfina, la cui origine potrebbe essere dovuta a microbi extraterrestri. Ad oggi però la presenza di tale molecola non è stata confermata in modo definitivo.

Un evento fino ad ora unico nella storia delle esplorazioni spaziali si è verificato tra il 9 e il 10 agosto 2021, quando le missioni Bepi Colombo e Solar Orbiter hanno compiuto un flyby del pianeta a poche ore l'una dall'altra. I dati raccolti hanno fornito informazioni senza precedenti sulla capacità di Venere di mantenere una spessa atmosfera pur senza la protezione di un campo magnetico endogeno.

Terra

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 6378 km

Distanza media dal Sole: $149.6 \cdot 10^6$ km = 1 Unità Astronomica

Eccentricità dell'orbita: 0.017

Periodo di rotazione: 23h 56m 4.1s

Periodo di rivoluzione: 365.26 giorni

Satelliti: 1

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, che copre circa il 71% della superficie, e di forme di vita. La Terra è costituita da un nucleo interno solido di ferro e nichel, un nucleo esterno liquido che genera il campo magnetico, un mantello composto da silicati e una crosta rocciosa suddivisa in placche (o zolle). Queste placche scorrono sul mantello (tettonica a zolle), dando luogo a diversi 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 (O₃) 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, la cui presenza fa da scudo al flusso di particelle cariche del vento solare e dei raggi cosmici. Dall'interazione tra il flusso di particelle cariche e la magnetosfera viene originato lo splendido fenomeno delle aurore boreali o australi, osservabili in prossimità dei poli. Il campo magnetico terrestre non è costante, ma subisce notevoli variazioni in direzione e intensità. Ciò ha portato, nel corso delle ere geologiche, alla deriva dei poli magnetici e a ripetuti fenomeni di inversione dei poli Nord e Sud. L'asse di rotazione terrestre è inclinato di circa 23° rispetto alla perpendicolare al piano dell'eclittica. È questa inclinazione la causa della presenza delle stagioni. Dal punto di vista astronomico le stagioni sono delimitate dai solstizi, cioè gli istanti di massima (+23°) e minima (-23°) declinazione del Sole, e dagli equinozi, cioè gli 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. I due 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 di 1738 km ($\approx 1/3.67$ di quello terrestre) e di $7.35 \cdot 10^{22}$ kg ($\approx 1/81$ di quella della Terra). La Luna ruota attorno al proprio asse con un periodo di 27.32 giorni, che è identico a quello di rivoluzione attorno alla Terra; quindi, ci rivolge sempre la stessa faccia.

La Luna produce gran parte degli effetti mareali, che rallentano lentamente il moto di rotazione della Terra e fanno allontanare la Luna dalla Terra 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.

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" (= 29,53 giorni). Data la sua relativa vicinanza (pari in media a $384.4 \cdot 10^3$ km), la Luna è stato obiettivo di molte missioni spaziali condotte, durante la Guerra Fredda, 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 del 1969 il modulo Eagle (il LEM di Apollo 11) effettuò il primo allunaggio con uomini a bordo. I tre astronauti erano Neil Armstrong, "Buzz" Aldrin e Michael Collins, con quest'ultimo che rimase 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 (progetto Artemis) e l'agenzia spaziale Cinese, hanno tra i loro obiettivi l'installazione di una base permanente abitata sulla superficie della Luna.

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: gli antenati degli animali e delle piante che oggi popolano la Terra. La presenza di vita sulla Terra è stata diverse 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 di massa più famosa, forse causata dalla caduta di un grande asteroide, si è verificata alla fine del Cretaceo, 65 milioni di anni fa, e causò, tra l'altro, la scomparsa dei dinosauri e l'inizio dell'era dei mammiferi. A circa 3.5 milioni di anni fa risale "Lucy", forse il progenitore dell'Homo Sapiens, che comparve in Africa solo 150000 anni fa.

Cenni storici e "curiosità"

La dea della Terra era Tellus nella mitologia romana e Gaia in quella greca. Attualmente la Terra ospita circa 7.9 miliardi di esseri umani, un numero che si ritiene crescerà fino a circa 9 miliardi nel 2050.

Il futuro della Terra è strettamente legato a quello del Sole. Quando il Sole evolverà diventando una "gigante rossa" la sua luminosità aumenterà e sulla Terra si avranno conseguenze devastanti, come l'evaporazione degli oceani. Il dettaglio di questa fase è molto complesso, in 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. La Terra non sarà quindi inglobata dall'interno del Sole, ma le forme di vita si saranno comunque già estinte da tempo. Simulazioni più recenti mostrano invece che l'orbita terrestre, a causa di effetti di marea, decadrà, causando il suo ingresso nell'atmosfera solare, con conseguente distruzione. 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 sulla Terra.

Marte

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 3390 km (≈ 0.53 raggi terrestri)

Distanza media dal Sole: 1.52 Unità Astronomiche

Eccentricità dell'orbita: 0.093

Periodo di rotazione: 24h 37m

Periodo di rivoluzione: 686.98 giorni

Satelliti: 2

Caratteristiche di Marte

Marte è il quarto pianeta in ordine di distanza dal Sole. 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 e massima dalla Terra (da $78 \cdot 10^6$ km a $377 \cdot 10^6$ km), la sua luminosità varia notevolmente, con una magnitudine apparente compresa tra +1.8 (luminosità minima) e -2.9 (luminosità massima).

Marte ha una densità più bassa rispetto agli altri pianeti rocciosi, il che fa pensare alla presenza di un nucleo molto piccolo o con bassa quantità di ferro. Di conseguenza Marte non possiede un campo magnetico apprezzabile. Ciò comporta una mancanza di protezione del suolo del pianeta dall'attività di particelle cosmiche ad alta energia. Lo studio del paleomagnetismo, grazie al ritrovamento di rocce magnetizzate, ha provato che in passato si è avuta una polarità magnetica alternata. Marte ha una atmosfera sottilissima, composta per il 95% da anidride carbonica. È spazzato da forti venti, con velocità fino a 200 km/h, che causano tempeste di sabbia in grado di oscurarne la superficie per mesi. Poiché l'atmosfera ha una bassa capacità di trattenere il calore, l'escursione termica giornaliera è elevata. La temperatura sul pianeta varia da -123 °C a + 22 °C, a seconda della zona e delle stagioni.

La crosta di Marte è più spessa di quella terrestre, ha una composizione chimica abbastanza simile, ma contiene tre volte più ferro. 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.

Nell'emisfero sud troviamo altipiani e crateri a fondo piatto. L'emisfero nord è dominato dal massiccio di Tharsis. I monti di Marte sono solo di origine vulcanica (tra essi il Monte Olimpo che, con un'altezza di 24 km, è il più alto vulcano del Sistema Solare), anche se si tratta di vulcani ormai spenti. 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. Sono stati osservati depositi di argilla e di minerali ricchi di ferro (composti che si formano in presenza di acqua a pH quasi neutro) possibili indizi di una passata abitabilità di Marte. 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, cioè passa direttamente dallo stato solido a quello gassoso. La calotta nord scompare, lasciando un residuo di ghiaccio d'acqua, mentre la calotta sud si restringe, ma non scompare mai del tutto.

Missioni spaziali

Le prime sonde a posarsi su Marte, 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 il 6 agosto 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 derivano o meno da processi biologici. Recenti osservazioni hanno mostrato evidenza di acqua allo stato liquido in superficie nei due emisferi nei mesi più caldi. Se confermata, questa osservazione può implicare la presenza di un ambiente abitabile su Marte. 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 come obiettivo lo studio dell'abitabilità di Marte e la ricerca di tracce di vita. Recentemente grazie ai dati di Curiosity, sono stati scoperti, in strati sedimentari, risalenti a un periodo compreso tra 3.8 e 3.6 miliardi di anni fa, depositi salini con uno schema esagonale. Questi schemi sono simili a quelli osservati nei bacini terrestri che si prosciugano stagionalmente e sembrano essere la prima prova di un periodo prolungato, ciclico e regolare, di clima marziano con stagioni secche e umide.

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. Recenti 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 visiva di immagini a bassa risoluzione. Nel 1877 Giovanni Schiaparelli, utilizzando un telescopio di 22 cm, 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 irrigui artificiali, costruiti da una civiltà tecnologica. Successivamente fu dimostrato che si trattava di illusioni ottiche, causate dall'unione di più punti in una linea ideale formata dall'occhio umano.

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 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 in un tempo dell'ordine di $30 \cdot 10^6$ di anni. Deimos orbita a una distanza media da Marte di circa 23000 km e subisce una lenta decelerazione che lo allontana dal pianeta, ma in tempi estremamente lunghi.

Asteroidi

Caratteristiche degli asteroidi

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

- la "Fascia Principale", una zona da circa 2.1 a circa 3.3 UA tra le orbite di Marte e Giove; la massa totale degli asteroidi in questa regione è circa il 5% di quella della Luna; si stima ne esistano quasi due milioni con diametro maggiore di 1 km.
- i "Punti Lagrangiani" L4 e L5 dell'orbita di alcuni pianeti; sono chiamati "Troiani" e sono presenti in massima parte nei punti lagrangiani di Giove; recentemente ne sono stati scoperti anche per Venere, Terra, Marte, Urano e Nettuno.
- la "Fascia di Kuiper", una regione del Sistema Solare oltre l'orbita di Nettuno (vedere la sezione Nettuno e oltre...).

Oltre il 97% degli asteroidi attualmente conosciuti fa parte della "Fascia Principale". Oltre che in base alle orbite, 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 (nicel-ferro). Alcuni satelliti come Deimos e Phobos e i satelliti più esterni di Giove, Saturno, Urano e Nettuno sono quasi certamente asteroidi catturati. I tre asteroidi più grandi della "Fascia Principale" sono Pallas, Vesta e Hygiea, che sono tra i pochi ad avere una forma approssimativamente sferica.

Numero degli asteroidi

Asteroidi conosciuti: 1310255 **Asteroidi numerati:** 629008 **Asteroidi con un nome ufficiale:** 23608

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 e altre informazioni

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 emette radiazione di fluorescenza assumendo un colore blu. Il nucleo di una cometa 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 4587.

Missioni spaziali

Comete e Asteroidi sono state visitate da alcune sonde automatiche. Di particolare rilevanza la missione dell'ESA "Rosetta", che ha orbitato attorno alla cometa 67P sganciando il lander "Philae". Il 27 settembre 2022 è avvenuto con successo il primo tentativo di alterare la traiettoria di un asteroide. La navicella Dart della NASA ha colpito Dimorphos, un asteroide dal diametro di 160 metri, portando a termine il primo esperimento dimostrativo di una tecnologia per la difesa planetaria. Il 24 settembre 2023 la sonda Osiris Rex ha riportato sulla Terra campioni prelevati sull'asteroide Bennu su cui è stata accertata la presenza di materiale ricco 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 circa 33388, in massima parte asteroidi, e tra questi 846 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 2368 PHA e tra questi 152 hanno diametro maggiore di 1km. Nessuno dei PHA conosciuti potrà colpire il nostro pianeta nei prossimi 150 anni.

Giove

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 71490 km (\approx 11.2 raggi terrestri)

Distanza media dal Sole: 5.20 Unità Astronomiche

Eccentricità dell'orbita: 0.049

Periodo di rotazione: 9h 50m

Periodo di rivoluzione: 11.86 anni

Satelliti: 92

Caratteristiche di Giove

Giove è il quinto pianeta in ordine di distanza dal Sole ed è il più grande del Sistema Solare: 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 chimica 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%. I sistemi nuvolosi sono organizzati in fasce orizzontali caratteristiche per le diverse latitudini. Tali sistemi si suddividono in zone, di tonalità più chiara, e bande, che appaiono più scure, la cui interazione dà luogo a violente tempeste 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, è localizzata nell'emisfero sud del pianeta ed è stata scoperta da G.B. Cassini nel 1665. I modelli suggeriscono che questa tempesta sia quasi stabile e che quindi, al contrario di altre simili ma più piccole, sia destinata a permanere ancora a lungo nell'atmosfera del pianeta.

Si ritiene che il pianeta possieda un nucleo roccioso solido costituito da ferro e silicati (con temperatura di oltre 20000 °C), circondato da un mantello di idrogeno metallico (con temperatura dell'ordine di 10000 °C).

Il campo magnetico di Giove è molto intenso e ha verso opposto rispetto a quello terrestre. Questo campo è dovuto alla grande massa di idrogeno fluido che compone il pianeta, 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

Giove è stato visitato per la prima volta dalla sonda Pioneer 10 nel 1973 e in seguito dalle sonde Pioneer 11, Voyager 1 e Voyager 2. Nel 1992 la sonda Ulysses ha usato Giove come "fionda gravitazionale" per lasciare il piano dell'eclittica e dirigersi verso il Sole. La sonda della NASA Galileo venne lanciata nel 1989 e raggiunse Giove nel 1995 utilizzando gli "assist gravitazionali" di Venere e della Terra. La sonda Galileo è stata la prima a orbitare attorno a Giove e a inviare un "probe" (una parte della sonda principale) nella sua atmosfera. La missione Juno della NASA è stata lanciata nel 2011 ed è arrivata a destinazione 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 mese di aprile 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.

Recentemente il James Webb Space Telescope ha ottenuto immagini infrarosse di Giove, dove si possono ammirare aurore, tempeste, venti, e nubi, gli anelli e due suoi piccoli satelliti (Amalthea e Adrastea). È stato inoltre possibile scoprire una corrente a getto ad alta velocità poco sopra l'equatore di Giove, al di sopra dei principali banchi di nubi; che viaggia a circa 515 km/h.

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, è stato registrato il 19 luglio del 2009, quando un astrofilo australiano ha ottenuto le immagini della zona di impatto di una cometa o di un asteroide anch'esso entrato in collisione con Giove. Queste osservazioni avvalorano la teoria secondo la quale Giove funge da "custode" 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 però non è sufficiente per innescare le reazioni di fusione termonucleare.

Altre informazioni

Il 7 gennaio del 1610 Galileo Galilei osservò per la prima volta i quattro satelliti principali di Giove: 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 scoperta dimostrò che, contrariamente a quanto affermato nel sistema tolemaico, esistono dei moti nell'Universo di cui la Terra non è il centro.

Ganimede è il più grande satellite del Sistema Solare e supera anche Mercurio per dimensioni. Su Io sono state osservate eruzioni vulcaniche ed è il corpo geologicamente più attivo del Sistema Solare. Europa è dotato di una superficie ghiacciata priva di crateri da impatto al di sotto della quale si ritiene si trovi un oceano d'acqua allo stato liquido. Callisto è il satellite naturale più fortemente craterizzato del Sistema Solare.

Giove possiede un sistema di anelli molto tenue difficilmente osservabile dalla Terra a causa della sua scarsa luminosità. Osservato per la prima volta dal Voyager 1 nel 1979, è diviso in quattro parti principali e si estende da circa 92000 km fino a circa 226000 km di distanza dal centro del pianeta. Si è probabilmente formato dalla polvere espulsa dai satelliti Metis, Adrastea, Amalthea e Thebe a seguito dell'impatto su di essi di meteoriti.

Saturno

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 60268 km (\approx 9.45 raggi terrestri)

Distanza media dal Sole: 9.58 Unità Astronomiche

Eccentricità dell'orbita: 0.056

Periodo di rotazione: 10h 34m

Periodo di rivoluzione: 29.46 anni

Satelliti: 82

Caratteristiche di Saturno

Saturno è, in ordine di distanza dal Sole, il sesto pianeta del Sistema Solare e il secondo per dimensioni. Assieme a Giove, Urano e Nettuno, fa parte dei cosiddetti Pianeti Gassosi o Gioviiani, che sono composti prevalentemente da materia allo stato gassoso e sono caratterizzati da una bassa densità. 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 del pianeta: scendendo verso il centro, si incontra gas sempre più denso e caldo. Saturno ha un nucleo di ferro, nichel e silicati allo stato solido. Misurando il suo campo gravitazionale, si è dedotto che il nucleo ha una massa circa 15 volte quella della Terra e un raggio di circa 25000 km. Il nucleo è circondato da uno strato di idrogeno metallico allo stato liquido, da uno strato di elio e idrogeno molecolare allo stato liquido e infine da un'atmosfera gassosa composta da idrogeno (96.3%), elio (3.2%) e da tracce di ammoniaca, acetilene, etano, propano, fosfina e metano. In tale atmosfera si alternano bande chiare e scure simili a quelle di Giove, ma più deboli e più larghe in prossimità dell'equatore. Le nubi che si trovano negli strati superiori dell'atmosfera sono costituite da cristalli di ammoniaca, che conferiscono al pianeta il tipico colore giallo chiaro, mentre quelle degli strati inferiori sembrano essere composte da idrosolfuro di ammonio e acqua. 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 (sedi di vortici) e cicloni. Una persistente struttura esagonale, composta da nubi, è stata fotografata nei pressi del polo nord (78° N) dalle Voyager 1 e 2 e successivamente dalla sonda Cassini. Questa struttura, unica nel Sistema Solare e che sembra stabile nel tempo, ruota con un periodo di circa 10 ore e 39 minuti, che si presume essere il periodo di rotazione delle parti interne di Saturno. Nel 2006 la sonda Cassini della NASA ha osservato un uragano centrato nel 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 cariche 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 al sistema di Saturno studiandolo in dettaglio. Cassini ha rilasciato il "lander" Huygens, che si è posato sulla superficie di Titano, dove ha scoperto laghi e mari di idrocarburi e studiato l'atmosfera. Cassini ha inoltre osservato geysir di acqua sul satellite Encelado. Questa scoperta rende il sottosuolo di Encelado il luogo più probabile del Sistema Solare, dopo la Terra, per la presenza vita. I processi geochimici che si verificano su Encelado non possono spiegare da soli i livelli di metano misurati dalla sonda Cassini; si ipotizza quindi che una certa quantità di metano possa essere prodotta da un processo dovuto a batteri ancestrali, noto come metanogenesi. Inoltre, studi recenti hanno scoperto prove dell'esistenza di fosforo nell'oceano sotto la crosta ghiacciata di Encelado: il fosforo è uno degli elementi fondamentali per tutte le forme di vita sulla Terra.

Nel 2013 la sonda Cassini ottenne una foto storica: da dietro il disco di Saturno, utilizzato 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 grigiastro, la Luna.

Cenni storici e "curiosità"

Il nome Saturno deriva dall'omonimo dio della mitologia romana e corrisponde nella mitologia greca al titano Kronos. Saturno fu osservato per la prima volta con un telescopio da Galileo nel 1610. Egli non riuscì a distinguere gli anelli e pensò che il pianeta fosse accompagnato da due grandi satelliti e lo definì "tricorporeo". Nel 1655 Christiaan Huygens fu il primo a intuire la presenza degli anelli e scoprì Titano, l'unico satellite del Sistema Solare con una densa atmosfera. L'atmosfera di Titano contiene azoto e composti del carbonio, uno degli elementi che costituiscono le cellule degli esseri viventi e inoltre la pressione esercitata sulla superficie è simile a quella dell'atmosfera terrestre. Si ritiene che l'atmosfera di Titano sia simile a quella primordiale della Terra. Nell'alta atmosfera di Titano sono presenti forti venti, con velocità fino a circa 400 km/h, che si affievoliscono al livello della superficie.

Altre informazioni

Gli anelli di Saturno sono formati 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. Orbitano sul piano equatoriale da circa 74500 km a circa 142200 km rispetto al centro del pianeta. La larghezza totale è quindi di circa 284400 km (quasi 3/4 della distanza Terra-Luna), ma hanno uno spessore compreso tra 10 m e 1 km. Sono divisi in sette regioni principali separate da "divisioni". Da Terra, con l'ausilio di un telescopio, sono facilmente visibili i due anelli principali, detti A e B, separati dalla divisione di Cassini. Recentemente è stato scoperto un gigantesco anello più esterno, detto di Phoebe, che si estende tra circa 4 e 13 milioni di km da Saturno ed è inclinato di 27° rispetto al suo piano equatoriale. Recenti immagini ottenute dal James Webb Space Telescope, hanno rivelato un pennacchio di vapore acqueo che si sprigiona dal polo sud di Encelado, estendendosi per circa 40 volte la dimensione della luna stessa. È stato così possibile confermare che l'acqua espulsa da Encelado contribuisce a rifornire gli anelli di Saturno.

Urano

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 25560 km (\approx 4.01 raggi terrestri)

Distanza media dal Sole: 19.2 Unità Astronomiche

Eccentricità dell'orbita: 0.046

Periodo di rotazione: 17h 14m (retrograda)

Periodo di rivoluzione: 84.02 anni

Satelliti: 27

Caratteristiche di Urano

Urano è il settimo pianeta in ordine di distanza dal Sole e il terzo per dimensioni. Porta il nome della divinità greca del cielo, figlio e sposo di Gea, la Madre Terra. Urano è inoltre padre di Crono e nonno di Zeus.

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 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. Oltre le latitudini $\pm 20^\circ$ soffiano in direzione concorde alla rotazione del pianeta. Il nucleo di Urano, relativamente piccolo, 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 più energia delle regioni equatoriali, ma, inspiegabilmente, Urano è più caldo all'equatore che ai poli. Il campo magnetico, inclinato di 59° rispetto all'asse di rotazione, è fortemente asimmetrico (10 μ T nell'emisfero sud, 110 μ T in quello nord).

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 si è avvicinata fino a 81500 km nel gennaio 1986. Le osservazioni della Voyager 2 durarono solo sei ore, ma i dati acquisiti hanno fornito molte più informazioni su Urano di quelle ricavate precedentemente in più di 200 anni di osservazioni da Terra. La sonda ha scoperto 2 anelli (portando il totale allora noto a 11), 10 satelliti, la presenza di attività geologica sui satelliti più grandi e ha studiato il campo magnetico, la struttura e la composizione chimica dell'atmosfera.

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 il 13 marzo 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, suggerito da Johann Bode, 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. Il nome del pianeta è anche legato al novantaduesimo elemento della tavola periodica ovvero l'Uranio. L'elemento radioattivo fu scoperto nel 1789, appena otto anni dopo il pianeta.

Altre informazioni

I satelliti di Urano 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 13 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.

Nell'atmosfera di Urano, come in quella di Nettuno, avviene un fenomeno incredibilmente affascinante: la formazione di veri e propri diamanti. Si suppone che la formazione dei diamanti abbia 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 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 idrocarburi che caratterizzano l'atmosfera di Urano.

Nettuno e oltre...

Parametri fisici e orbitali

Raggio: 24760 km (\approx 3.88 raggi terrestri)

Distanza media dal Sole: 30.1 Unità Astronomiche

Eccentricità dell'orbita: 0.009

Periodo di rotazione: 16h 7m

Periodo di rivoluzione: 164.8 anni

Satelliti: 14

Caratteristiche di Nettuno

Nettuno è l'ottavo e il più lontano dei pianeti del Sistema Solare. È il quarto pianeta per dimensioni e il terzo per massa (la massa di Nettuno equivale a poco più di 17 volte la massa della Terra). Nella mitologia romana, Nettuno, in greco Poseidone, era il dio del mare.

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 gli astronomi a ipotizzare l'esistenza di un pianeta sconosciuto che ne perturbasse l'orbita. 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 capire che si trattava di un pianeta e non di una stella. Nel luglio 2011 Nettuno ha completato la sua prima orbita attorno al Sole dalla sua scoperta.

Nettuno ha una composizione chimica simile a quella di Urano, con un nucleo di ferro, nichel e silicati, uno spesso mantello di "ghiacci" d'acqua, ammoniaca e metano e un'atmosfera composta principalmente da idrogeno ed elio e tracce di metano. Nettuno e Urano devono il loro colore azzurro al metano presente negli strati più esterni dell'atmosfera, ma l'azzurro più intenso di Nettuno potrebbe derivare da qualche altro costituente sconosciuto. Nettuno ha un'intensa attività meteorologica, caratterizzata dai venti più forti di tutto il Sistema Solare, che raggiungono velocità fino a circa 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 Oscura, fotografata nel 1989 dalla sonda Voyager 2. Nel 1994 il Telescopio Spaziale Hubble ha fotografato il pianeta, ma della Grande Macchia Oscura non c'era più traccia. Recentemente, usando il Very Large Telescope dell'ESO, è stata osservata un'altra grande macchia scura nell'atmosfera di Nettuno. Questa è la prima volta che una macchia scura del pianeta viene osservata con un telescopio da terra. L'insieme delle attività nell'alta atmosfera potrebbe derivare da un elevato calore interno, oppure dalla dissociazione del metano in catene di idrocarburi, causato dall'elevata pressione atmosferica o da onde meccaniche generate dai moti convettivi della bassa atmosfera.

Nettuno ha un campo magnetico fortemente inclinato rispetto all'asse di rotazione (circa 47°), inoltre l'asse magnetico è spostato di circa 13500 km rispetto al centro del pianeta. L'intensità del campo magnetico di Nettuno è circa 25 volte quella del campo magnetico terrestre ed è generato, per effetto dinamo, in un involucro sferico sottile posto all'esterno del nucleo. Questo involucro è probabilmente composto da ammoniaca, metano e acqua.

Nettuno possiede un debole sistema di 5 anelli, il cui colore rossastro è, probabilmente, 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. Un ulteriore anello coincide con l'orbita del satellite Galatea. Altri tre satelliti hanno orbite all'interno degli anelli: Naiade, Thalassa e Despina. L'anello più esterno, Adams, presenta 5 zone più dense dette archi, forse causate dalle interazioni gravitazionali con Galatea. Il più grande dei satelliti di Nettuno è Tritone, anch'esso scoperto nel 1846. Tritone è il corpo più freddo del Sistema Solare ed è geologicamente ancora attivo. Il polo sud di Tritone mostra zone brillanti di colore rosato, dovute alla mescolanza del bianco dell'azoto ghiacciato con il rosso del metano. Entro la calotta polare si notano zone più chiare mescolate a zone più scure, probabilmente causate da materiale espulso da attività vulcanica o di tipo geysir.

Gli oggetti trans-nettuniani (TNOs)

Gli oggetti trans-nettuniani (TNOs) sono corpi minori del Sistema Solare con orbita esterna a quella di Nettuno. Attualmente ne conosciamo 901 "numerati" (ovvero con orbite ben determinate) e oltre 3000 "non-numerati" (ovvero con orbite non ancora ben determinate). Si stima che esistano più di 10^5 TNO con diametro maggiore di 100 km. Plutone, adesso definito "Pianeta Nano" è stato il primo TNO ad essere stato scoperto nel febbraio del 1930, mentre il secondo è stato identificato solo nel 1992. I TNO più grandi attualmente noti sono: Plutone, Eris, Haumea, Makemake, Gonggong, Sedna, Quaoar e Orcus. Data la grande distanza dal Sole, i TNO hanno tutti una temperatura superficiale dell'ordine di -220 °C. Sono composti principalmente da ghiacci di acqua, metano e ammoniaca e da silicati. I TNO sono divisi in tre gruppi in base alla loro distanza media dal Sole e alle caratteristiche dell'orbita: i TNO della fascia di Kuiper (da 30 a 55 UA), i TNO del disco diffuso (da 35 UA fino a oltre 100 UA) e i TNO estremi (fino a 150 UA ed eccentricità molto alte).

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. Il 14 luglio 2015, dopo 9 anni dal suo lancio, la sonda New Horizons della NASA ha sorvolato Plutone e i suoi satelliti, inviando immagini alquanto spettacolari della loro superficie e dati sulla composizione fisica e chimica. L'obiettivo primario della missione era quello di studiare la geologia e la morfologia di Plutone e del suo satellite Caronte e di analizzarne l'atmosfera. New Horizons ha poi proseguito il suo viaggio verso la fascia di Kuiper e l'1 gennaio 2019 si è avvicinata all'asteroide 486958 Arrokoth a una distanza minima di circa 3500 km. New Horizons terminerà la sua missione seguendo le sorti delle sonde Voyager 1 e 2; esplorerà cioè l'eliosfera esterna, che potrebbe raggiungere nel 2047. Il 22 luglio 2022 il James Webb Space Telescope ha fotografato Nettuno, fornendo la visione più nitida, tempi della sonda Voyager 2 dei suoi anelli e di sette delle sue lune.

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.