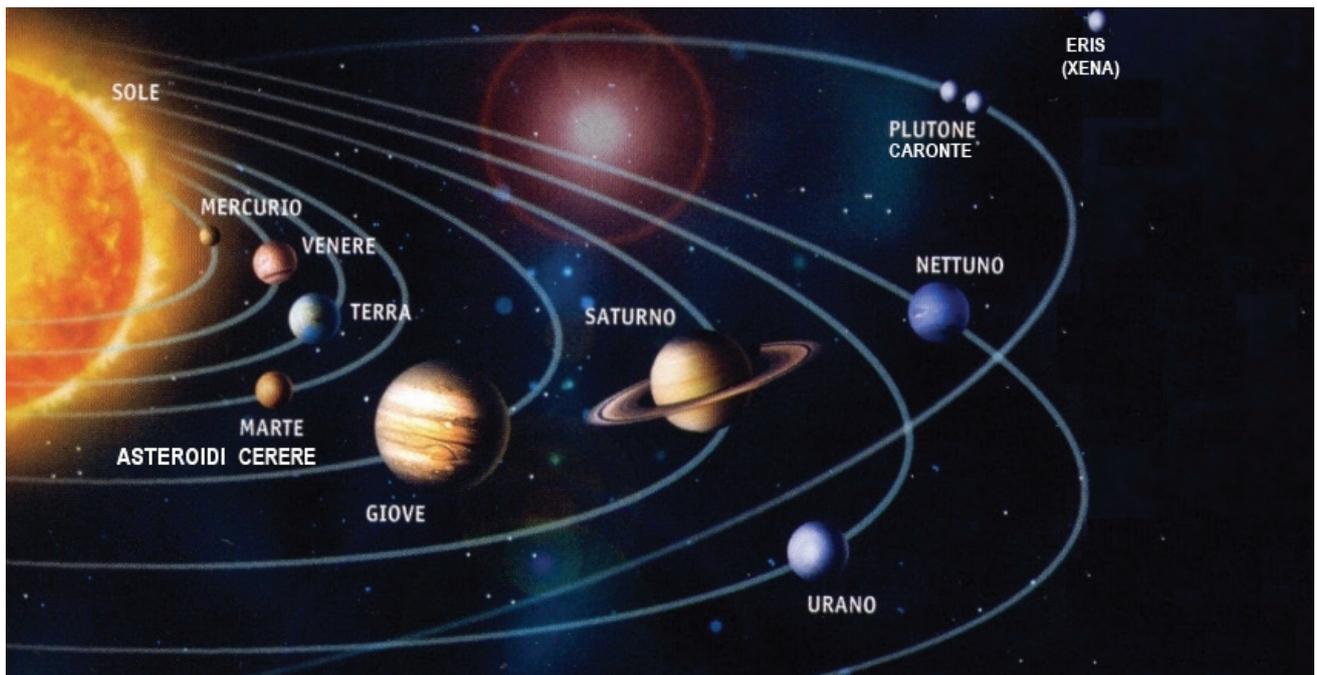


il **BOLLETTINO**
del GRUPPO ASTROFILI CINISELLO BALSAMO
numero 75 - Febbraio 2025



SPECIALE SISTEMA SOLARE

IN QUESTO NUMERO

Editoriale - Il giardino di casa nostra - <i>Cristiano Fumagalli</i>	3
Una panoramica sul Sistema Solare - <i>Piero Guasco</i>	5
Asteroidi e Comete: I “Parenti Poveri” del Sistema Solare <i>Stefano Spagocci</i>	26
Plutone - <i>Mauro Nardi</i>	32
Piccola Enciclopedia Astronomica - <i>Franco Vruna</i>	44
Intelligenza Artificiale: Il Premio Nobel per la Fisica 2024 - <i>Stefano Spagocci</i>	47
Astro News - <i>Cristiano Fumagalli</i>	52

EDITORIALE

“IL GIARDINO DI CASA NOSTRA”

Cristiano Fumagalli

Questo numero è dedicato al Sistema Solare che potremmo denominare tranquillamente come “il giardino di casa nostra”. Questo soprannome non è azzardato poiché, nonostante l’uomo non abbia mai messo piede su nessuno dei suoi pianeti (a parte Terra e Luna...), numerose sonde sono state inviate per studiarli e molti dei loro misteri e segreti sono stati svelati. Oltre c’è il mezzo interstellare, alla soglia del quale si trovano le sonde Voyager dopo 50 anni di viaggio.

Diamo anche noi un’occhiata a questi mondi, mediante un immaginario volo, così come lo farebbe un ipotetico visitatore esterno.

Attraversiamo prima la Nube di Oort, riserva di comete a lungo periodo e successivamente la cintura di Kuiper da cui provengono quelle a corto periodo, ma anche casa di piccoli mondi, come i pianeti nani Plutone, Eris, Makemake e Haumea.

Dopo questi primo “assaggio” del Sistema Solare ci appare il primo pianeta, Nettuno, un “gigante ghiacciato”, composto principalmente (circa l’80%) da ghiacci d’acqua, metano e ammoniaca. Il resto è un’atmosfera composta da idrogeno ed elio. Ci appare di una colorazione blu data dal metano. Luogo estremamente freddo (circa -200 °C), ha una grande luna, Tritone, dalla caratteristica apparenza a buccia di melone, che ruota in senso retrogrado rispetto al pianeta, forse un oggetto Kuiper catturato.

Il secondo pianeta ad apparire è Urano, un altro gigante ghiacciato dalle stesse caratteristiche del precedente e con una stranissima luna, Miranda, dalla superficie variegata, forse un precedente corpo distrutto da un impatto e poi ricomposto “a casaccio”.

Ecco all’improvviso il più affascinante componente del Sistema Solare, Saturno, con i suoi splendenti anelli composti da roccia e ghiaccio d’acqua. È un gigante gassoso, composto da idrogeno ed elio principalmente. Ha una luna, Titano, incredibile, con una densa atmosfera di azoto e metano che, data la temperatura di -190 °C, si trova al suo punto triplo: ci sono nubi, fiumi, laghi e mari di metano, piove metano...

Dopo Saturno, Giove, il più grande di tutti i pianeti. Anche lui un gigante gassoso, ci appare con delle belle bande colorate, grazie alla presenza di ammoniaca, fosforo e zolfo nell’atmosfera superiore. Tra le tante lune si nota Io, dalla violenta attività vulcanica ed Europa, con la superficie ghiacciata, ma che cela al suo interno un oceano di acqua, tenuta liquida da fonti idrotermali. Possiederà anche la vita? Chissà...

A questo punto del viaggio attraversiamo la fascia di asteroidi, composta da migliaia di questi oggetti, tra questi il pianeta nano Cerere e il grande asteroide Vesta.

Dopo questa pericolosa esperienza si apre davanti a noi il regno dei pianeti rocciosi.

Dapprima appare Marte, aspro, arido e desolato, ma con dei paesaggi incredibilmente affascinanti, come i suoi immensi vulcani spenti della regione di Tharsis o la Valles Marineris, un immenso canyon lungo 4800 km, con una larghezza massima di 320 km e una profondità massima di 7 km; 3,5 milioni di anni fa c'era l'acqua, scorrevano i fiumi ed aveva un'atmosfera, caratteristiche scomparse nel tempo, ma che ci fanno pensare ad una vita passata e forse ancora presente, seppur in forme semplicissime.

All'improvviso, un mondo blu, ricco d'acqua e dall'atmosfera di azoto e ossigeno, la nostra Terra. Su questo pianeta c'è la vita, variegata in tutte le sue forme, sulla superficie, nei mari e nei cieli. C'è anche una civiltà, rissosa e poco propensa a considerare questo oggetto, non un luogo, ma un pianeta, con la biosfera e i suoi delicati equilibri da rispettare. Chissà, forse un giorno impareranno.

Si va verso il centro del Sistema Solare, ecco Venere, un luogo "infernale". Un'atmosfera fatta da anidride carbonica e con nuvole di acido solforico, con le conseguenti piogge sulla superficie. È il regno dell'effetto serra e la sua temperatura è di 470 °C su tutto il globo. Sempre sulla superficie, una pressione pari a 90 volte quella terrestre.

Ottavo e ultimo dei pianeti, Mercurio, il più piccolo e anche il più vicino alla sua stella, ma non è più caldo di Venere: di giorno si arriva a 430 °C, di notte a -180 °C. Possiede una tenue atmosfera, composta da ioni strappati dal vento solare (esosfera) e composta da ossigeno, idrogeno, elio, sodio e potassio.

Al centro, il Sole, una nana gialla relativamente quieta che permette una vita tranquilla agli oggetti che gli orbitano attorno.

Oggi conosciamo circa 5000 pianeti extrasolari e centinaia di altri sistemi planetari, completamente diversi dal nostro; il nostro rimane, al momento, unico nella Via Lattea. Sicuramente è presto per una statistica, ma una tendenza l'abbiamo e forse dobbiamo comprendere che ci troviamo in un ambiente raro, non facilmente riproducibile in altri posti della nostra galassia. C'è da riflettere.

UNA PANORAMICA SUL SISTEMA SOLARE

Piero Guasco

Il sistema solare è un sistema planetario costituito da una varietà di corpi celesti, mantenuti in orbita dalla forza gravitazionale del Sole, a cui appartiene anche la nostra Terra. È un sistema caratterizzato dalla presenza di una stella al proprio centro, il Sole, attorno al quale orbitano corpi dalle dimensioni più disparate: dal pulviscolo interplanetario fino a pianeti giganti.

CARATTERISTICHE GENERALI

- La zona sottoposta al vento solare ha un diametro di 130 unità astronomiche (UA), corrispondenti a 0,00195 anni luce o 19,5 miliardi di chilometri.
- Il sistema si trova nel braccio di Orione della Via Lattea. La distanza media dal centro galattico è di 26.700 anni luce.
- Il Sole ruota attorno al centro galattico ad una velocità di 230 km/s. Per completare una rivoluzione, quindi, impiega 240 milioni di anni.

STRUTTURA

- Attorno al Sole ruotano otto pianeti (Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove, Saturno, Urano, Nettuno) più un certo numero di pianeti nani.
- Le orbite dei pianeti sono quasi circolari e giacciono approssimativamente su un piano detto "eclittica".
- I primi quattro pianeti sono rocciosi, gli altri gassosi (composti prevalentemente da idrogeno ed elio, con un nucleo solido).
- Tra Marte e Giove orbitano gli asteroidi, di forma tanto meno regolare quanto sono più piccoli.
- Altri asteroidi si trovano nella fascia di Kuiper (fascia di residui del periodo di formazione del sistema solare, distante dal Sole 30-50 UA).
- I pianeti nani sono: Cerere (nella fascia degli asteroidi), Plutone, Haumea, Makemake (nella fascia di Kuiper), Eris (situato nel disco diffuso, una fascia che si sovrappone parzialmente alla fascia di Kuiper, distante dal Sole 50-100 UA).
- Nella Nube di Oort (fascia di residui della formazione del sistema solare, distante 1000-100.000 UA dal Sole) orbitano le comete.
- Il sistema solare è permeato dalla polvere interstellare.

ORIGINE

Le primissime ipotesi documentate sull'origine del sistema solare sono frutto del lavoro del filosofo Immanuel Kant che, nel XVIII sec., ipotizzò che i pianeti derivassero dalla condensazione di un disco di materia in rotazione attorno al Sole. Successivamente Pierre Simon de Laplace, astronomo vissuto a cavallo tra il XVIII e il XIX sec., perfezionò la teoria kantiana e suggerì un

modello secondo cui i pianeti si sarebbero formati da emissioni gassose del Sole.

Al giorno d'oggi gli astronomi propendono per una teoria più avanzata. Essi ritengono che l'origine del sistema solare sia da ricercarsi nella formazione di una nebulosa solare ricca di idrogeno, elio e polveri cosmiche, la quale, stimolata da un evento esterno come l'esplosione di una supernova, collassò gravitazionalmente su sé stessa 4/5 milioni di anni fa.

Nella fase successiva al collasso si sarebbe formato il Sole, all'interno del quale, al raggiungimento di un determinato valore di temperatura, si sarebbero scatenate reazioni di fusione nucleare che proseguono tutt'oggi. Il collasso gravitazionale della zona centrale, più densa e calda, avrebbe quindi portato alla formazione del Sole, mentre negli anelli periferici, più freddi e meno densi, in seguito all'accumulazione e condensazione di polveri e gas, si sarebbero formati i pianeti. L'azione gravitazionale del Sole avrebbe successivamente contribuito alla formazione degli altri corpi del sistema solare.

Gli astronomi suppongono che, in primo luogo, si sarebbero formati degli ammassi rocciosi dalle dimensioni ridotte (1/100 km di diametro), detti "planetesimi". Una parte dei planetesimi si sarebbe successivamente aggregata in corpi rocciosi di dimensioni maggiori (100/500 km di diametro), detti "protopianeti". Tra questi solo alcuni si sarebbero ulteriormente sviluppati in tempi molto lunghi (un centinaio di milioni di anni) per aggregazione di corpi e oggetti minori, dando finalmente luogo ai pianeti per come li conosciamo oggi.

IL SOLE

Il Sole è la stella madre del sistema solare di tipo spettrale G2 V: "G2" indica che la stella ha una temperatura superficiale di 5777 °K (5504 °C), la "V" indica che il Sole, come la maggior parte delle stelle, è nella sequenza principale, ovvero in una lunga fase di equilibrio stabile in cui l'astro fonde, nel proprio nucleo, l'idrogeno in elio.

La sua grande massa (2×10^{30} kg) gli permette di sostenere la fusione nucleare che genera enormi quantità di energia (4×10^{26} W), emessa sotto forma di radiazioni elettromagnetiche, flusso di particelle (vento solare) e neutrini. La radiazione solare, emessa fondamentalmente come luce visibile ed infrarossa, consente la vita sulla Terra, fornendo l'energia necessaria ad attivare i principali meccanismi che ne stanno alla base.

Il Sole viene classificato come una nana gialla, anche se il nome è ingannevole in quanto, rispetto ad altre stelle nella nostra galassia, l'astro è piuttosto grande e luminoso. La luminosità del Sole è in costante crescita; si è stimato che all'inizio della sua storia avesse soltanto il 75% della luminosità che mostra attualmente.

Il diametro equatoriale medio dell'astro è di 1.392.000 km, 109 volte quello terrestre e corrisponde, visto da Terra, ad un diametro angolare di 32 minuti d'arco, quasi pari a quello della Luna: questo dà luogo al fenomeno delle eclissi, cioè alla sovrapposizione apparente del disco lunare e di quello solare. Come già riferito, la massa del Sole è di 2×10^{33} g, il che corrisponde a oltre 300 mila volte la massa della Terra. Quasi il 99,9% della massa di tutto il sistema solare è concentrata nel Sole. La gravità solare superficiale vale 274 m/s^2 , 28 volte quella terrestre e la

velocità di fuga dall'astro ammonta a 618 km/s.

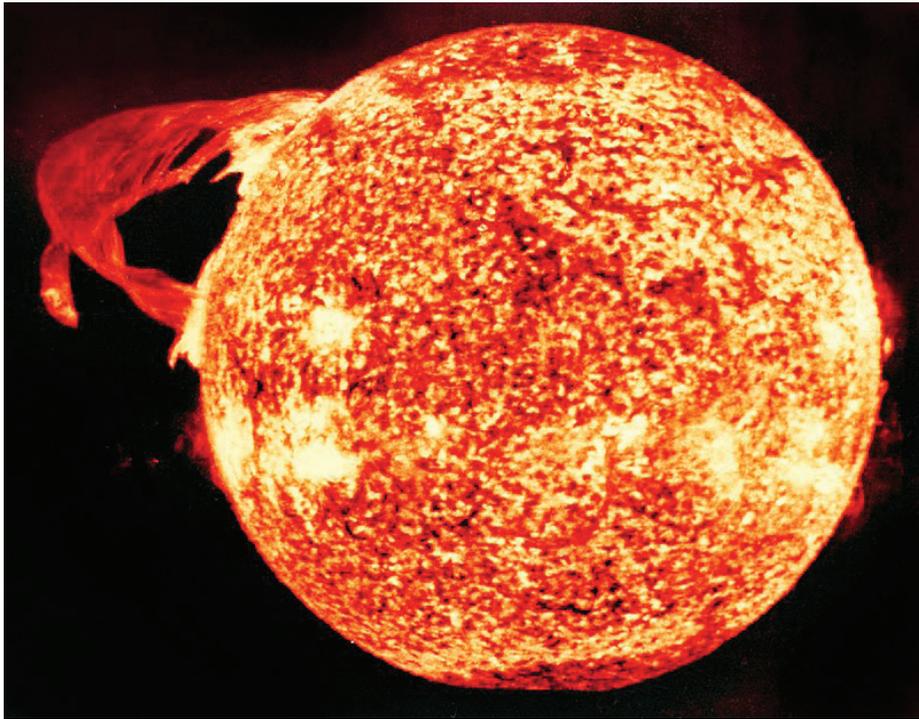


Figura 1 - Il Sole con una eruzione di massa (flare)

Il Sole è composto da plasma, cioè da gas i cui atomi sono scomposti in nuclei ed elettroni liberi, per via delle altissime temperature. L'astro è strutturato nel modo seguente:

- Nucleo (spessore 175.000 km): vi avvengono reazioni di fusione nucleare che trasformano idrogeno in elio, liberando radiazione elettromagnetica. Tali reazioni espansive sono equilibrate dalle forze gravitazionali. I componenti sono: idrogeno 74%, elio 25%, elementi pesanti 1%. La temperatura al centro del Sole è di 15 milioni di gradi.
- Zona radiativa (spessore 450.000 km): assorbe la radiazione emessa dal nucleo e la irradia verso gli strati esterni, sotto forma di raggi x e gamma.
- Zona convettiva (spessore 10.000 km): genera correnti convettive che convogliano l'energia dall'interno verso la superficie esterna.
- Fotosfera (spessore 200/500 km): qui si origina la radiazione solare nella banda del visibile. È nella fotosfera che hanno origine le macchie solari. La temperatura media fotosferica è di 5.800 °K.
- Cromosfera (spessore 15.000 km): zona con temperatura media di 5.500 °K. All'interno della cromosfera o più frequentemente nella ristretta regione fra le macchie in sviluppo, e soprattutto in vicinanza della linea di separazione fra i forti campi magnetici di polarità opposta, avvengono le eruzioni cromosferiche, esplosioni di materia e di luce accompagnate da emissione radio e di raggi x.
- Corona solare (spessore 700.000 km): è la parte più esterna dell'atmosfera solare, avente una temperatura media di 1.000.000 °K.

Il vento solare è costituito da uno sciame di particelle (soprattutto protoni ed elettroni) irradiate dal Sole con velocità che vanno dai 200 ai 900 km/s. Interagendo col campo magnetico terrestre, genera due fasce di Van Allen toroidali, ricche di particelle cariche ad alta energia, disposte simmetricamente e che cingono la Terra a mo' di ciambella: la fascia esterna, a 5/6 raggi dal centro della Terra e la fascia interna ad 1,5/2 raggi dal centro della Terra. I moti di queste particelle creano le aurore boreali e le tempeste magnetiche.

Il vento solare crea una "bolla" nel mezzo interstellare (che è composto dal gas rarefatto di idrogeno ed elio che riempie la galassia), la quale prende il nome di eliosfera. Il bordo più esterno di questa bolla è dove la forza del vento solare non è più sufficiente a spingere indietro il mezzo interstellare. Questo bordo è conosciuto come eliopausa ed è spesso considerato come il confine esterno del sistema solare.

La distanza dal Sole dell'eliopausa non è conosciuta con precisione. Probabilmente è molto più piccola sul lato del sistema solare che si trova "in avanti" rispetto al moto orbitale del sistema solare nella galassia. Potrebbe anche variare a seconda della velocità del vento solare e della densità locale del mezzo interstellare. Si sa comunque che è situata ben oltre l'orbita di Plutone.

MERCURIO

Mercurio è il pianeta più vicino al Sole e presenta caratteristiche uniche che lo distinguono dagli altri pianeti. La sua vicinanza al Sole e la sua piccola dimensione lo rendono un corpo celeste intrigante da studiare. Il suo diametro equatoriale medio è di 4.880 km, rendendolo il più piccolo pianeta del sistema solare (dopo la riclassificazione di Plutone).

La massa di Mercurio è di 3×10^{23} kg, il 5,5% della massa terrestre. La gravità superficiale è di $3,7 \text{ m/s}^2$, il 38% di quella terrestre, ed influenza la capacità del pianeta di trattenere un'atmosfera. Non ha satelliti naturali.

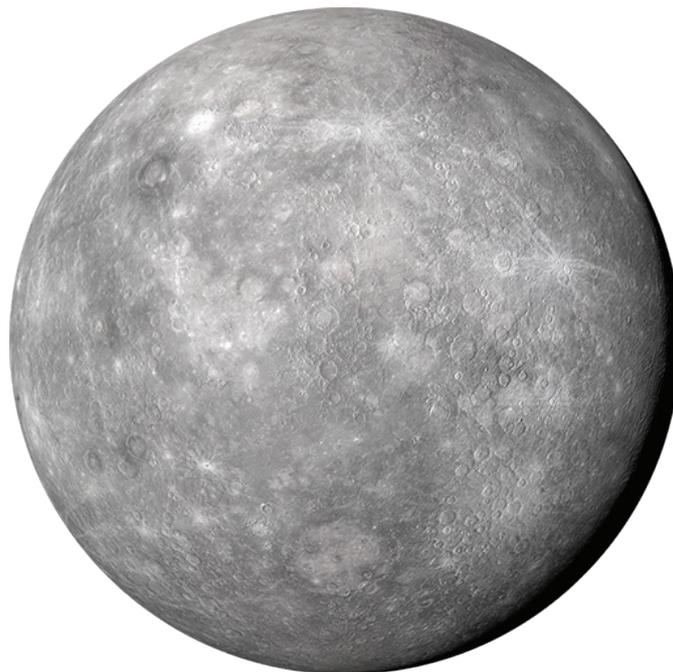


Figura 2 - Mercurio

La distanza media dal Sole è di 58 milioni di km, pari a 0,39 UA. Il periodo orbitale è di 88 giorni terrestri: questo rende l'anno su Mercurio molto breve rispetto a quello della Terra. L'eccentricità orbitale vale 0,2056, la più elevata di tutti i pianeti del sistema solare, rendendo la sua orbita sensibilmente ellittica.

Il periodo di rotazione è di 59 giorni terrestri. La lenta rotazione di Mercurio e il suo rapido movimento orbitale portano a un fenomeno unico: il Sole sorge brevemente, fa marcia indietro nel cielo, poi risorge e attraversa il cielo nuovamente, tutto in un singolo giorno mercuriano. Il rapporto di rotazione orbitale è di 3:2, il che significa che per ogni due orbite attorno al Sole, Mercurio completa tre rotazioni sul suo asse: questo è un esempio di risonanza orbitale.

VENERE

Venere, il secondo pianeta dal Sole, è spesso chiamato "il gemello malvagio della Terra", a causa delle dimensioni e composizione simili a quelle del nostro pianeta, che si accompagnano a condizioni ambientali drasticamente diverse. Non ha satelliti naturali

Il diametro equatoriale medio di Venere è di 12.104 km, con una differenza di meno del 5% rispetto al diametro terrestre. La massa del pianeta è di 5×10^{24} kg, approssimativamente l'82% della massa terrestre. La gravità superficiale vale $8,9 \text{ m/s}^2$, quasi pari a quella terrestre ($9,8 \text{ m/s}^2$), il che significa che su Venere si peserebbe quasi quanto sulla Terra.

Il periodo di rotazione retrograda è di 243 giorni terrestri, il che significa che Venere ruota in direzione opposta rispetto agli altri pianeti, escluso Urano. Un giorno solare venusiano dura 117 giorni terrestri, a causa della sua lenta rotazione e del suo moto orbitale. Il periodo orbitale è di 225 giorni terrestri, facendo di Venere il pianeta con l'anno più breve dopo Mercurio. La distanza media dal Sole è di 108 milioni di km, pari a 0,72 UA.



Figura 3 – Venere



Figura 4 – Una delle sonde Venera

L'atmosfera di Venere è costituita principalmente da anidride carbonica (con nubi di acido solforico) ed è molto più densa dell'atmosfera terrestre, con una pressione al livello del suolo pari a 92 atm. La densità e la composizione dell'atmosfera sono la causa di un imponente effetto serra che rende Venere il pianeta più caldo del sistema solare. La temperatura media alla superficie è di 464 °C, la temperatura minima è di 380 °C. Tali condizioni hanno messo a dura prova le sonde sovietiche Venera, le uniche ad essere atterrate sul pianeta.

LA TERRA

La Terra, il nostro pianeta, è il terzo in ordine di distanza dal Sole e il più grande per massa e diametro tra i pianeti terrestri. È l'unico pianeta del sistema solare ad avere acqua liquida sulla sua superficie e ad ospitare forme di vita intelligenti.

Il diametro equatoriale medio vale 12.756 km, la massa 6×10^{24} kg, la gravità superficiale vale $9,8 \text{ m/s}^2$. L'orbita terrestre è leggermente ellittica e la distanza dal Sole varia nel corso dell'anno: il punto di massimo avvicinamento si ha all'inizio di gennaio. È presente un satellite naturale, la Luna, della quale trattiamo nel prossimo paragrafo.

Il moto di rivoluzione attorno al Sole (anno) ha un periodo di 365,25 giorni. Il fatto che la durata dell'anno non sia un numero intero di giorni determina l'esigenza di alternare nel calendario anni di 365 giorni con anni di 366 giorni (bisestili), al ritmo di uno ogni quattro anni; ogni tanto bisogna poi eliminare un anno bisestile (anni secolari) per tener conto dell'eccesso di 0.0063 giorni rispetto ai 365.25 giorni.

Il moto di rotazione rispetto alle stelle fisse ha un periodo di 23h 56m 4s e si chiama "giorno siderale". Il giorno di 24 ore che tutti usiamo è il giorno solare, cioè il periodo di rotazione calcolato

rispetto alla posizione del Sole. I due giorni hanno durata leggermente diversa perché il Sole si muove apparentemente rispetto alle stelle fisse.



Figura 5 – La nostra Terra

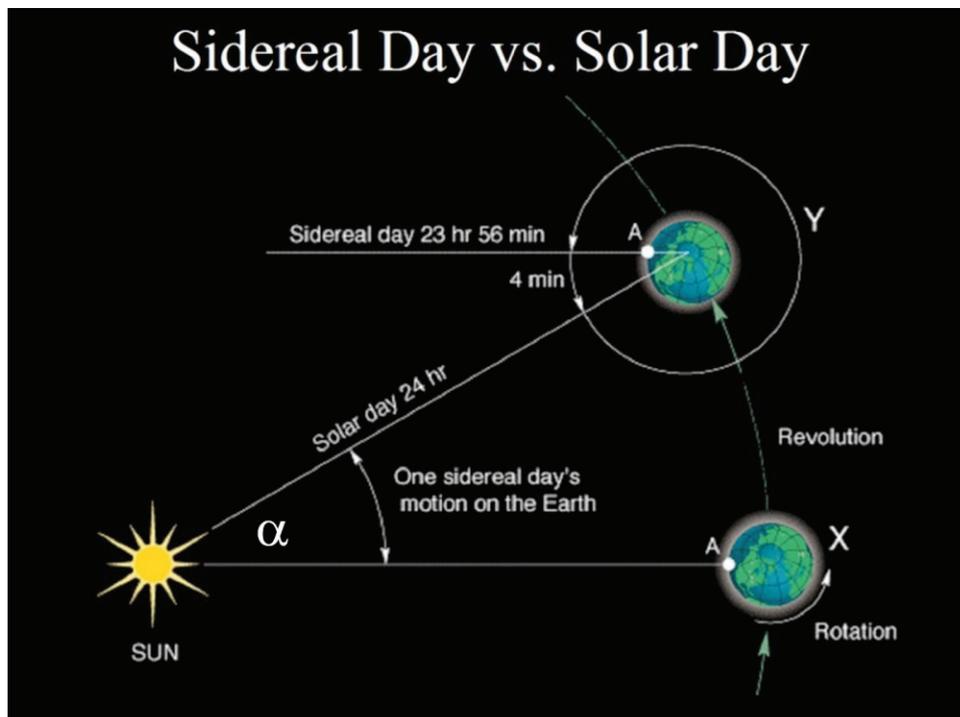


Figura 6 – Differenza tra il giorno siderale e il giorno solare

Facendo riferimento alla Figura 6, supponiamo che all'istante iniziale (posizione X) il punto A della Terra punti verso il Sole. Nel passaggio da X a Y la Terra compie una rotazione completa siderale (cioè rispetto alle stelle fisse) e, dopo 23h 56m 4s, il punto A si trova rivolto verso la

stessa direzione nello spazio. Tuttavia, nel frattempo la Terra si è spostata lungo la propria orbita da X a Y e quindi il Sole si trova in una direzione differente; la Terra deve ancora ruotare di un piccolo angolo perché il punto A sia ancora rivolto verso il Sole, e ciò richiede ancora quei 4 minuti che fanno la differenza tra la durata del giorno solare e quella del giorno siderale.

LA LUNA

La Luna è l'unico nostro satellite naturale (diametro medio 3.475 km). Orbita a una distanza media di 384.400 km dalla Terra. Sulla sua superficie è possibile distinguere delle macchie scure e delle macchie chiare. Le prime, dette "mari", sono regioni quasi piatte coperte da rocce basaltiche e detriti di colore scuro. Le regioni lunari chiare, dette "altipiani", sono elevate di vari chilometri rispetto ai mari e presentano rilievi alti anche 8000-9000 metri.

Il nostro satellite è praticamente privo di atmosfera, essendo la gravità superficiale (1,6 m/s²) insufficiente per trattenerne una. Data la gravità superficiale del nostro satellite, un astronauta sulla Luna pesa 1/6 rispetto alla Terra. La temperatura minima è di -233°C, la massima di 123 °C, la media di -23 °C.

Essendo in rotazione sincrona, la Luna rivolge sempre la stessa faccia verso la Terra e il suo lato nascosto è rimasto sconosciuto fino al periodo delle esplorazioni spaziali. Il moto della Luna è alquanto complesso.

Il primo movimento è di rivoluzione intorno al centro di massa del sistema Terra-Luna. Quando possiamo dire che la Luna abbia compiuto un'orbita intera? La cosa più sensata è osservare il moto della Luna rispetto all'allineamento Sole-Terra. In questo caso, l'intervallo fra due lune nuove, cioè fra due congiunzioni solari, si chiama "periodo sinodico medio": ha una durata di 29d 12h 44m 3s.



Figura 7 – La nostra Luna

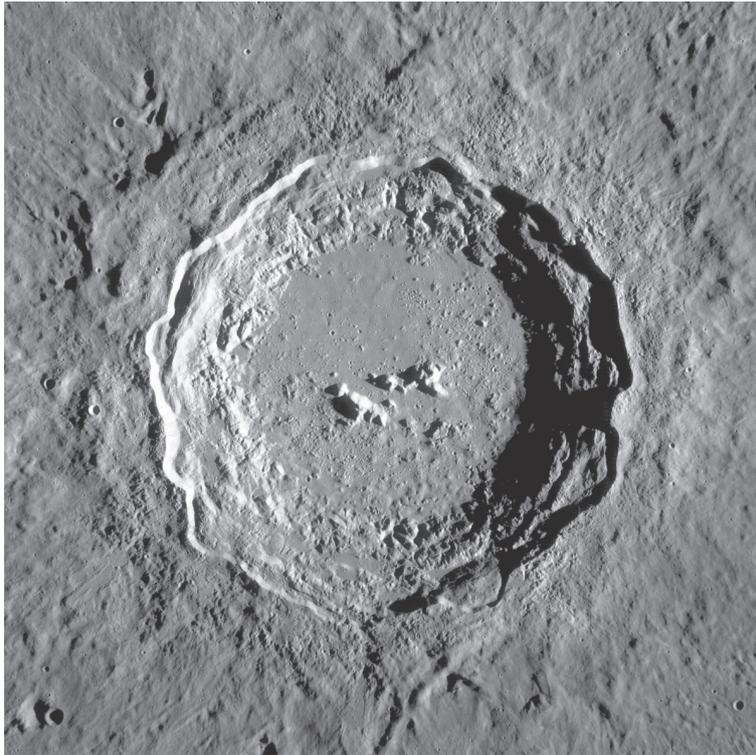


Figura 8 – Il cratere lunare Copernico

Ha senso però anche confrontare la posizione della Luna rispetto alle stelle fisse: dopo quanto tempo la Luna torna nella stessa posizione rispetto ad esse? Qui la faccenda si complica, perché la Luna ruota intorno alla Terra nello stesso senso nel quale la Terra ruota intorno al Sole: mentre il nostro satellite si muove, anche la Terra percorre una frazione della sua orbita. Nel complesso, rispetto alle stelle fisse, la Luna orbita intorno alla Terra in un mese siderale, che ha una durata di 27d 7h 43m 12s.

Il secondo movimento è quello di rotazione intorno al proprio asse: è nello stesso senso della rotazione terrestre e ha una durata di 27d 7h 43m 12s. Come noto, infatti, il periodo di rotazione è identico al mese siderale. Questa sincronia, che è comune tra le lune dei pianeti del sistema solare, fa sì che dal nostro pianeta si possa osservare una sola faccia del satellite. Quindi noi terricoli potremmo osservare solo il 50% della superficie lunare, ma...

C'è un ma che poi è il terzo movimento della Luna. Si chiama "librazione", perché sembra un "ballo" lievissimo attorno ad una posizione di equilibrio. Nel complesso ci permette di osservare il 60% della Luna. La librazione è dovuta a due effetti lunari e uno tutto terrestre: l'asse lunare è leggermente inclinato rispetto al piano orbitale della Luna, l'orbita della Luna è ellittica e non perfettamente circolare.

L'ultimo movimento è il più sorprendente, perché ha a che fare con le maree. Le grandi masse di acqua in movimento che scivolano sulla superficie del nostro pianeta, infatti, hanno una conseguenza che sembra fantascientifica. L'acqua, per attrito contro i fondali oceanici, si oppone alla rotazione terrestre e ne provoca il rallentamento. Di pochissimo: solo una ventina di secondi ogni milione di anni.

Quasi niente, se non fosse che il sistema Terra/Luna è regolato in modo tale che a una

diminuzione delle rotazioni deve associarsi un allungamento delle distanze fra i due corpi. Si chiama “principio di conservazione del momento angolare”. Nei fatti, quel piccolo rallentamento della rotazione terrestre causa un allontanamento della Luna: appena 3 cm all’anno. Poco? Ne parliamo fra qualche milione di anni.

MARTE

Marte, il quarto pianeta dal Sole, è detto “il pianeta rosso” per il suo caratteristico colore, dovuto all’ossido di ferro che abbonda sulla sua superficie. Abbiamo ora le prove che un tempo su Marte ci fosse acqua (Figura 12). Ai poli nord e sud del pianeta è presente uno strato di ghiaccio d’acqua, sormontato da uno strato di anidride carbonica allo stato solido (il cosiddetto “ghiaccio secco”).

Il diametro equatoriale medio del pianeta è di 6.840 km, con una differenza di meno del 50% rispetto al diametro terrestre. La sua massa è di 6×10^{23} kg, pari a poco più del 10% della massa terrestre, la sua gravità superficiale vale $3,7 \text{ m/s}^2$, poco più del 30% della gravità terrestre. Il periodo di rotazione è di 24h 37m, il periodo orbitale è pari a 687 giorni terrestri. La distanza media dal Sole è di 228 milioni di km, pari a 1,52 UA.



Figura 9 – Marte

Tra i numerosi veicoli spaziali che si sono dedicati all’esplorazione di Marte citiamo le sonde Viking (oltre a fornirci le prime immagini del pianeta riprese dalla superficie dello stesso, hanno eseguito esperimenti riguardo alla presenza di forme di vita, la cui interpretazione è ancor oggi controversa) e i diversi lander che ne hanno esplorato la superficie.

L’atmosfera di Marte è composta per il 95% da anidride carbonica. La pressione atmosferica è di 700 Pa, meno dell’1% di quella terrestre. La temperatura minima del pianeta è di $-140 \text{ }^\circ\text{C}$, la

massima di 20 °C, la media di -63 °C. Sono presenti due piccoli satelliti naturali di forma irregolare allungata che si muovono su orbite circolari, poste nel piano equatoriale del pianeta:

Phobos (in greco “paura”), dimensione massima di 27 km.

Deimos (in greco “terrore”), dimensione massima di 15 km.

Essi prendono il nome dai due attendenti del dio Marte.



Figura 10 – Phobos



Figura 11 - Deimos

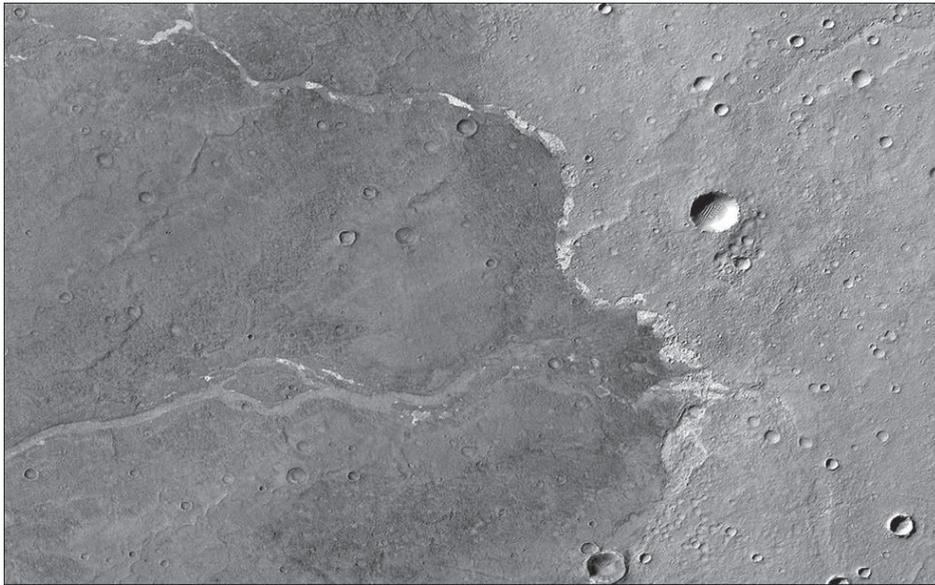


Figura 12 – Un antico fiume marziano



Figura 13 – Un tramonto marziano, ripreso dal rover Spirit

GIOVE

Gigante gassoso composto principalmente da idrogeno ed elio, Giove è il quinto pianeta del sistema solare in ordine di distanza dal Sole e il maggiore per massa e dimensioni. Per questo motivo è intitolato al re degli dèi dell'Olimpo.

Il diametro equatoriale medio è di 142.984 km, la sua massa è di 2×10^{27} kg, 318 volte la massa terrestre e 3,5 volte quella di Saturno. La gravità superficiale vale $24,8 \text{ m/s}^2$, quasi il triplo della gravità terrestre. Il campo magnetico del pianeta è 20.000 volte più potente di quello terrestre. Il periodo di rotazione è di 10h 34m e il periodo orbitale ammonta a 4.333 giorni terrestri. La distanza media dal Sole è di 779 milioni di km, pari a 5,20 UA.

È circondato da quattro anelli mentre il numero preciso di satelliti non sarà mai quantificato esattamente, perché i frammenti ghiacciati che compongono gli anelli possono tecnicamente essere considerati tali; inoltre, l'Unione Astronomica Internazionale non ha voluto porre una precisa linea di distinzione tra satelliti minori e grandi frammenti ghiacciati. I quattro principali satelliti, i satelliti medicei scoperti da Galileo Galilei, sono: Io (sede di vulcani attivi, diametro medio 3.643 km), Europa (diametro medio 3.122 km), Ganimede (diametro medio 5.262 km), Callisto (diametro medio 4.821 km).

L'aspetto del pianeta è caratterizzato da fasce parallele di ampiezza e colori diversi che circondano la sua "superficie". In realtà, come tutti i pianeti gassosi, Giove non ha una superficie solida ma semplicemente il materiale gassoso diventa sempre più denso verso l'interno del pianeta. Quella che noi vediamo non è quindi la superficie fisica, bensì la parte superiore della sua atmosfera.

Le bande colorate sono sistemi di nubi spinte da forti venti in direzione parallela all'equatore del pianeta, a velocità anche superiori a 600 km/h. I venti soffiano in direzioni opposte in due bande adiacenti. I diversi colori delle bande indicano la presenza di composti chimici diversi alle varie latitudini dell'atmosfera gioviana e forse di reazioni chimiche tra essi: i componenti più importanti delle nubi sono cristalli ghiacciati di ammoniaca e di idrosolfuro di ammonio. I colori variano inoltre dal rossastro al blu con l'altezza delle nubi. L'aspetto delle bande di nubi cambia con tempi scala di ore o giorni.

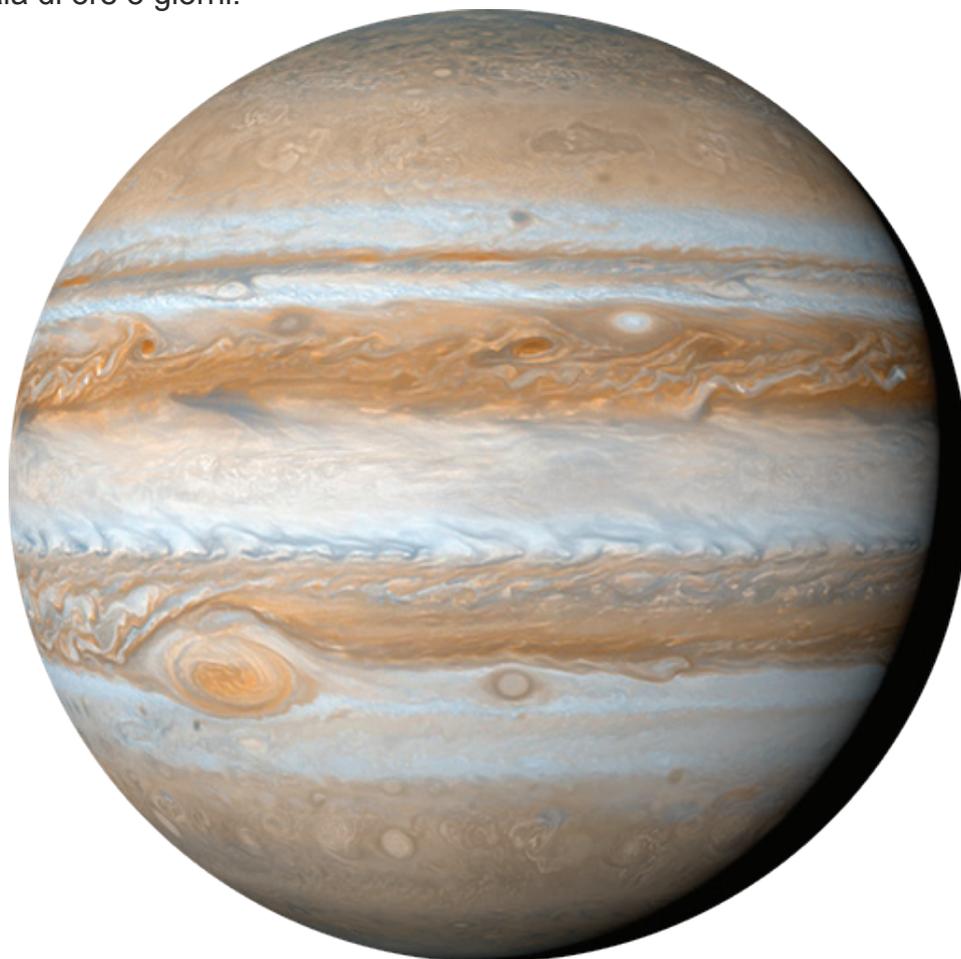


Figura 14 – Giove



Figura 15 – La grande macchia rossa di Giove

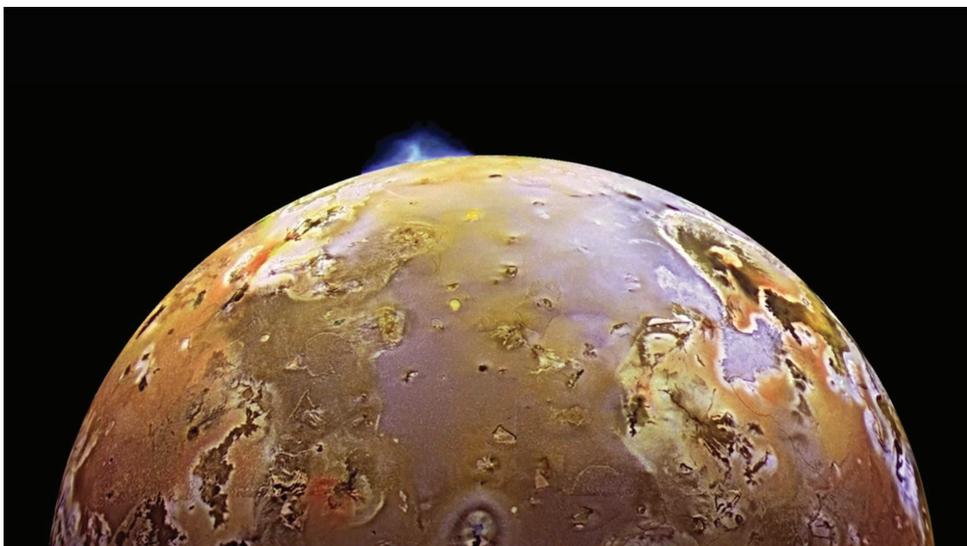


Figura 16 – Io con un vulcano in eruzione

Oltre alle fasce sono presenti protuberanze, vortici e macchie irregolari, la più grande delle quali è la famosa “grande macchia rossa”. Essa è un enorme vortice atmosferico, di forma ellittica, lunga 25.000 km e larga 12.000 km. È localizzata nell’emisfero sud del pianeta e fu scoperta dall’astronomo Giovanni Domenico Cassini nel 1665. Altri vortici simili, più piccoli, si trovano lungo altre bande di nubi.

Poiché Giove emette una quantità di energia due volte e mezzo superiore a quella che riceve dal Sole, si suppone che debba possedere una qualche sorgente interna di energia, a differenza degli altri pianeti. Questa energia viene probabilmente prodotta dalla lenta contrazione gravitazionale del pianeta, che trasforma energia potenziale gravitazionale in energia radiativa, producendo una temperatura centrale dell’ordine dei 20.000 gradi. Questa temperatura è insufficiente per innescare le reazioni di fusione termonucleare nel centro di Giove, ma se esso fosse almeno 90 volte più massiccio, la temperatura e la pressione al suo interno sarebbero tali da innescare la fusione nucleare e il pianeta diventerebbe una stella.

SATURNO

Saturno è il sesto pianeta del sistema solare e il secondo per dimensioni, dopo Giove, al quale assomiglia per molti aspetti. È noto per lo spettacolare sistema di anelli che lo circonda. È un pianeta gassoso, la cui atmosfera è composta per il 95% da idrogeno.

Il diametro equatoriale medio è di 116.464 km (9,1 volte il diametro terrestre), la massa è di 6×10^{26} kg, 95 volte quella terrestre, la gravità superficiale vale $9,05 \text{ m/s}^2$, l'88% della gravità terrestre. La densità media vale $0,7 \text{ g/cm}^3$, inferiore a quella dell'acqua: potrebbe galleggiare in un oceano abbastanza grande. Il periodo di rotazione vale 10h 39m, il periodo di rivoluzione 29,5 anni terrestri. La distanza media dal Sole è di 1,43 miliardi di km, pari a 9,58 UA.

L'aspetto più noto di Saturno è costituito dai famosi anelli, compresi tra i 170.000 km e i 285.000 km dal centro del pianeta e aventi uno spessore di 15 km. Composti da frammenti di roccia e ghiaccio, della grandezza variabile dal micrometro al metro, gli anelli di Saturno sono distinti in sette gruppi principali, designati con le lettere da A a G, in ordine di scoperta.

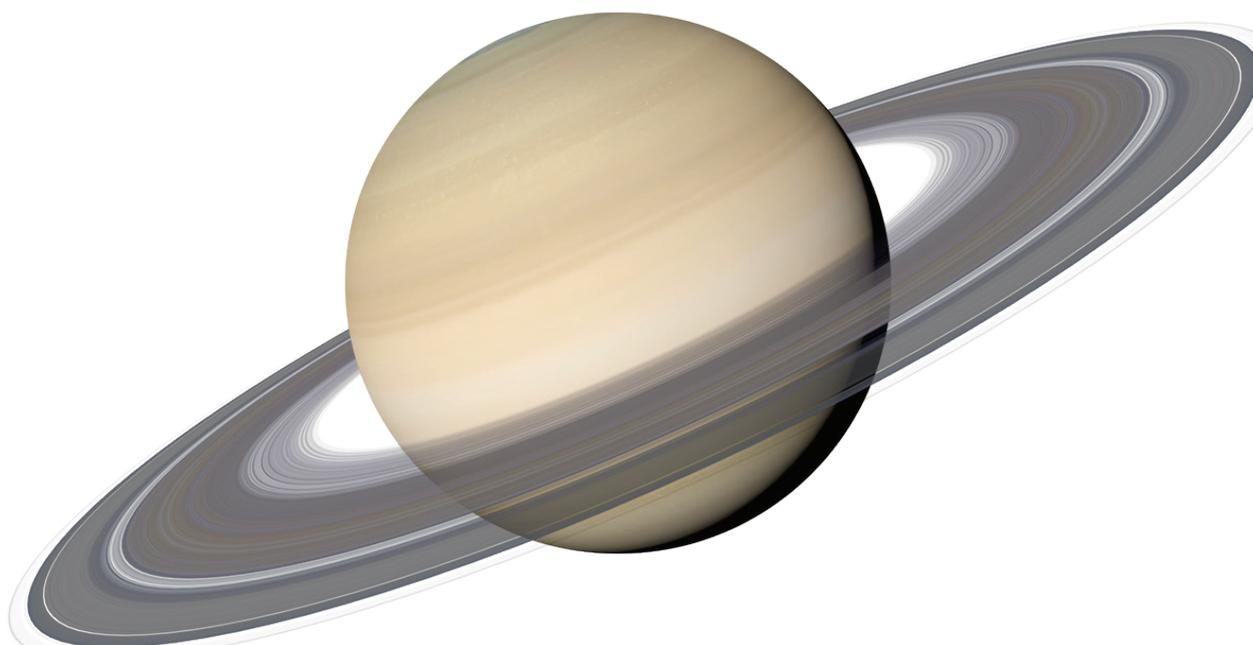


Figura 17 – Saturno

Gli anelli principali sono: l'anello A (separato dall'anello B dalla divisione di Cassini, così chiamata in onore dell'astronomo che la scoprì nel 1675, presenta al suo interno la divisione di Encke), l'anello B (si trova tra l'anello A e l'anello C), l'anello C (il più vicino al pianeta), l'anello F (composto di due anelli sottili e luminosi mescolati a dei "nodi" che potrebbero essere piccoli satelliti).

Saturno ha 146 lune che variano in dimensioni da più grandi del pianeta Mercurio - la luna gigante Titano - a piccole come un'arena sportiva. La piccola luna Encelado ha un oceano globale sotto uno spesso di ghiaccio. Gli scienziati hanno identificato entrambe le lune come destinazioni scientifiche ad alta priorità per le future missioni planetarie.

I flyby delle sonde Voyager e Pioneer degli anni '70 e '80 hanno fornito solamente "schizzi approssimativi" delle lune di Saturno ma, durante i suoi molti anni nell'orbita di Saturno, la sonda

Cassini della NASA ha scoperto lune prima sconosciute, risolto misteri su quelle conosciute, studiato le loro interazioni con gli anelli e scoperto nuovi misteri che coinvolgeranno un'intera generazione di scienziati spaziali.

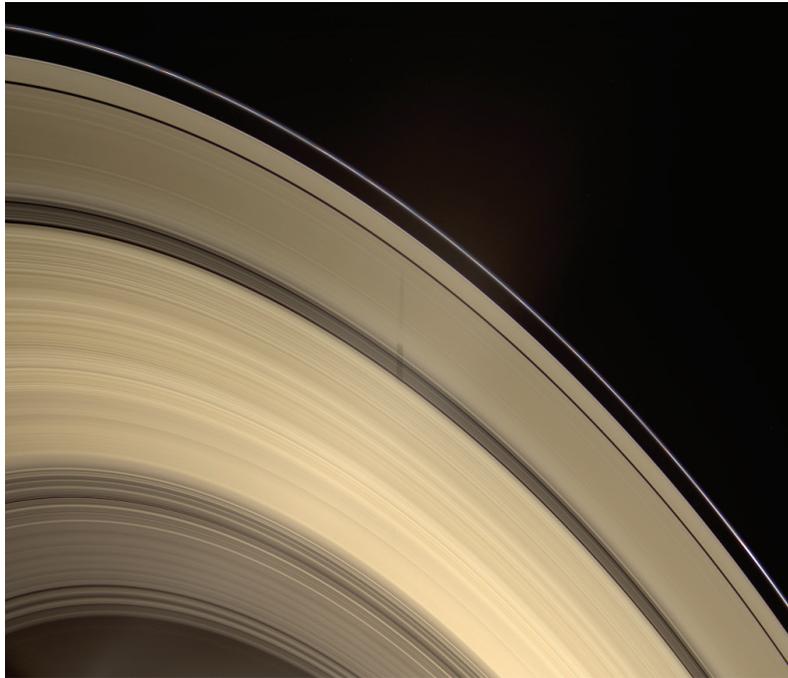


Figura 18 – Gli Anelli di Saturno

Titano (diametro medio 5.150 km), avvolto dalla foschia, è la luna più grande di Saturno e la seconda più grande del sistema solare. La Terra ha oceani di acqua liquida perché orbita all'interno della zona abitabile del sistema solare, la gamma di distanza dal nostro Sole che non è né così calda che gli oceani bollono via né così fredda da essere congelata. Il sistema di Saturno è molto al di fuori della zona abitabile e la temperatura superficiale di Titano è così fredda che la superficie della luna è in gran parte ghiaccio d'acqua anziché roccia ma la temperatura è giusta per il metano e l'etano liquidi (Figura 19).

Gli scienziati di Cassini hanno scoperto non solo che il metano e l'etano esistono su Titano ma che piovono dal cielo e riempiono laghi liquidi, larghi diverse centinaia di chilometri e profondi centinaia di metri. Nonostante la distanza dal Sole, Cassini ha trovato prove di un oceano di acqua liquida sotto la sua superficie gelida.

Titano non è l'unica luna di Saturno che vanta un mare sotto la superficie. Gli scienziati di Cassini hanno trovato pennacchi che spruzzano vapore acqueo, particelle ghiacciate e materiali organici dalla regione polare sud di Encelado (diametro medio 499 km) e hanno determinato che i getti sono la fonte di materiale per l'anello E. I getti fuoriescono da grandi fessure, o crepe, note come "strisce di tigre", che hanno scoperto diventare più larghe o strette a seconda di dove si trova Encelado nella sua orbita.

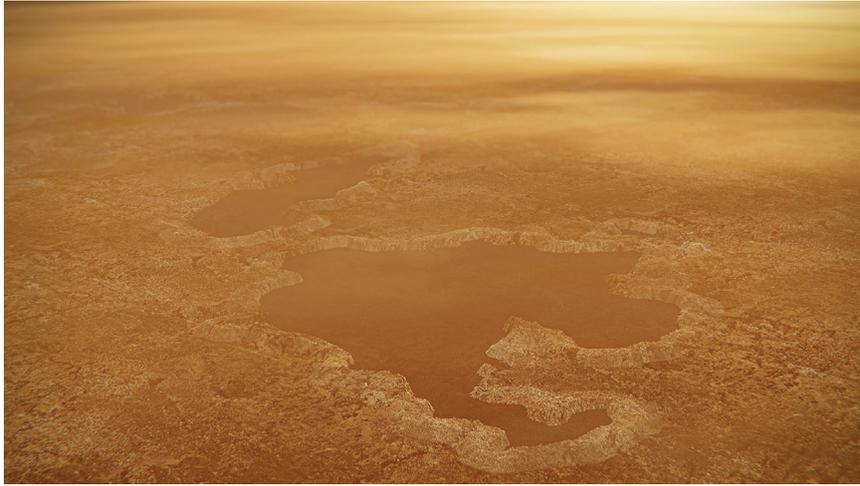


Figura 19 – Laghi di idrocarburi liquidi su Titano

Le osservazioni hanno suggerito che Encelado ospita un oceano globale sotto la superficie mentre i getti vicino al polo sud sono alimentati da punti caldi, dove il calore dall'oceano interno fuoriesce. Sulla Terra le bocche idrotermali possono produrre habitat in cui gli organismi prosperano, completamente tagliati fuori dalla luce solare. Molti scienziati sospettano che la vita sulla Terra potrebbe essere iniziata intorno a questi ambienti. Le prove stanno cominciando ad accumularsi che anche Encelado potrebbe avere bocche idrotermali: la presenza delle condizioni necessarie per la formazione della vita è di per sé una scoperta notevole.

URANO

Urano è il settimo pianeta del sistema solare in ordine di distanza dal Sole, il terzo per diametro e il quarto per massa. È stato scoperto casualmente al telescopio da William Herschel, nel 1781. La composizione chimica di Urano è simile a quella di Nettuno ma differente rispetto a quella dei giganti gassosi Giove e Saturno. Per questa ragione gli astronomi talvolta preferiscono riferirsi a Urano e Nettuno trattandoli come una classe separata, i giganti ghiacciati.

Il diametro equatoriale medio è di 51.118 km (4 volte il diametro terrestre), la massa è di 9×10^{25} kg, 14.5 volte quella terrestre, la gravità superficiale vale $9,01 \text{ m/s}^2$, il 92% della gravità terrestre. La densità media vale $1,3 \text{ g/cm}^3$, del 30% superiore a quella dell'acqua. Il pianeta è stato visitato dalla sonda Voyager 2.

L'atmosfera, sebbene sia simile a quella di Giove e Saturno per la presenza abbondante di idrogeno ed elio, contiene una proporzione elevata di "ghiacci" di acqua, ammoniaca e metano, assieme a tracce di idrocarburi. Quella di Urano è anche l'atmosfera più fredda del sistema solare, con una temperatura minima che può raggiungere -224 °C . Possiede una complessa struttura di nubi ben stratificata, in cui si pensa che l'acqua si trovi negli strati inferiori e il metano in quelli più in quota.

Una delle caratteristiche più insolite del pianeta è l'orientamento del suo asse di rotazione. Tutti gli altri pianeti hanno il proprio asse quasi perpendicolare al piano dell'orbita, mentre quello di Urano è quasi parallelo. Inoltre, poiché l'asse è inclinato di 98° , la rotazione è tecnicamente retrograda: Urano ruota nel verso opposto rispetto a quello di tutti gli altri pianeti del sistema solare, eccetto Venere. Il periodo di rivoluzione è di 84 anni terrestri, il periodo di rotazione di 17h

14m. La distanza media dal Sole è di 2,87 miliardi di km, pari a 19,2 UA.



Figura 20 – Urano

Come gli altri pianeti giganti, Urano possiede un sistema di anelli, una magnetosfera e numerosi satelliti (27). I principali satelliti di Urano sono:

- Miranda (diametro medio 472 km),
- Ariel (diametro medio 1.159 km),
- Umbriel (diametro medio 1.169 km),
- Titania (diametro medio 1.578 km),
- Oberon (diametro medio 1.523 km).

NETTUNO

Nettuno è l'ottavo e più lontano pianeta del sistema solare. Si tratta del quarto pianeta più grande, considerando il diametro, e il terzo, considerando la massa. Le composizioni chimiche di Urano e Nettuno sono simili ma differiscono da quelle dei giganti gassosi Giove e Saturno: i due pianeti, infatti, sono classificati come "giganti ghiacciati".

Scoperto il 23 settembre 1846 da Johann Gottfried Galle, con il telescopio dell'osservatorio di Berlino, e da Heinrich Louis d'Arrest, uno studente che lo assisteva, Nettuno fu il primo pianeta ad essere stato trovato tramite calcoli matematici piuttosto che regolari osservazioni: cambiamenti insoliti nell'orbita di Urano indussero gli astronomi a credere che vi fosse, all'esterno, un pianeta sconosciuto che ne perturbava l'orbita. Il pianeta fu scoperto entro appena un grado dal punto previsto.



Figura 21 - Nettuno

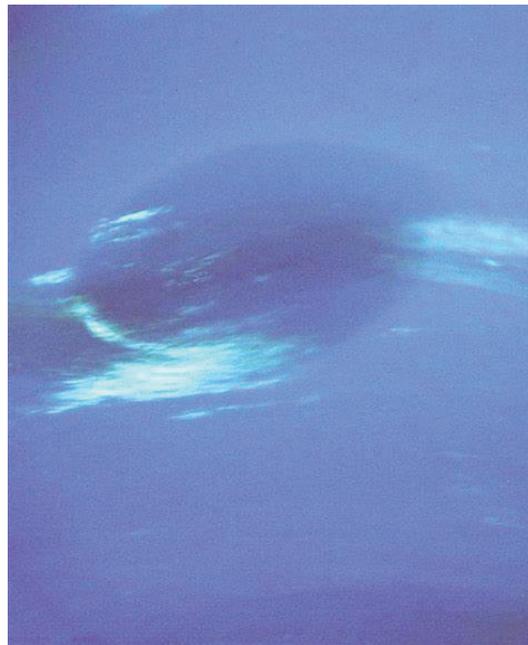


Figura 22 - La grande macchia scura di Nettuno

Il diametro equatoriale medio è di 49.528 km (3.9 volte quello terrestre), la massa è di 1×10^{26} kg, 17,2 volte quella terrestre, la gravità superficiale vale $11,3 \text{ m/s}^2$, 1,15 volte la gravità terrestre. La densità media vale $1,6 \text{ g/cm}^3$, del 60% superiore a quella dell'acqua. Il periodo di rivoluzione è di 165 anni terrestri, il periodo di rotazione di 16h 6m. La distanza media dal Sole è di 4,50 miliardi di km o 30,1 UA. Il pianeta è stato visitato dalla sonda Voyager 2.

L'atmosfera di Nettuno, sebbene simile a quelle di Giove e di Saturno, essendo composta principalmente da idrogeno ed elio, possiede anche maggiori proporzioni di "ghiacci", di acqua, ammoniaca e metano, assieme a tracce di idrocarburi e azoto. Le tracce di metano presenti negli strati più esterni dell'atmosfera contribuiscono a conferire al pianeta il suo colore verde acqua,

simile a quello di Urano.

Nettuno possiede i venti più forti del sistema solare: sono state misurate raffiche a velocità superiori ai 2.100 km/h. Grazie al sorvolo da parte della Voyager 2, nel 1989, si è scoperto che l'emisfero sud del pianeta possiede una "grande macchia scura", analoga alla "grande macchia rossa" di Giove. La temperatura delle nubi più alte di Nettuno è di -218°C , una delle più fredde del sistema solare, a causa della grande distanza dal Sole. Il pianeta possiede un debole sistema di anelli, scoperto negli anni '60 e confermato dalla Voyager 2.

Il pianeta possiede 16 satelliti naturali, il maggiore dei quali è Tritone (diametro medio 2.707 km); gli altri satelliti principali sono Nereide (diametro medio 340 km), Proteo (diametro medio 420 km) e Larissa (diametro medio 194 km). Tritone è l'unico satellite di Nettuno che possiede una forma ellissoidale. Orbita in direzione retrograda rispetto a Nettuno, a differenza di tutti gli altri satelliti principali del sistema solare; è in rotazione sincrona con Nettuno e la sua orbita è in decadimento costante. A parte Tritone, il satellite più interessante è Nereide, la cui orbita è la più eccentrica dell'intero sistema solare.

PIANETI NANI

Un pianeta nano è un corpo celeste di tipo planetario, orbitante attorno a una stella_e caratterizzato da una massa sufficiente a conferirgli una forma quasi sferica ma che non è stato in grado di "ripulire" la propria fascia orbitale da oggetti di dimensioni confrontabili: per quest'ultima caratteristica non rientra nella denominazione di "pianeta".

Come già accennato, i pianeti nani sono:

- Cerere (diametro medio 952 km), scoperto da Giuseppe Piazzi nel 1801, prima classificato come l'asteroide di maggior massa, sito nella fascia degli asteroidi.
- Plutone (diametro medio 2.370 km), scoperto da Clyde Tombaugh nel 1930, un tempo considerato come il nono pianeta del sistema solare. Ha un satellite (Caronte) dal diametro medio di 1212 km, dello stesso ordine di grandezza di quello di Plutone, tanto che spesso li si considera un sistema binario. È sito nella fascia di Kuiper.
- Haumea (diametro medio 1.500 km), sito nella fascia di Kuiper.
- Makemake (diametro medio 1.502 km), sito nella fascia di Kuiper.
- Eris (diametro medio 2.326 km), sito nel disco diffuso.

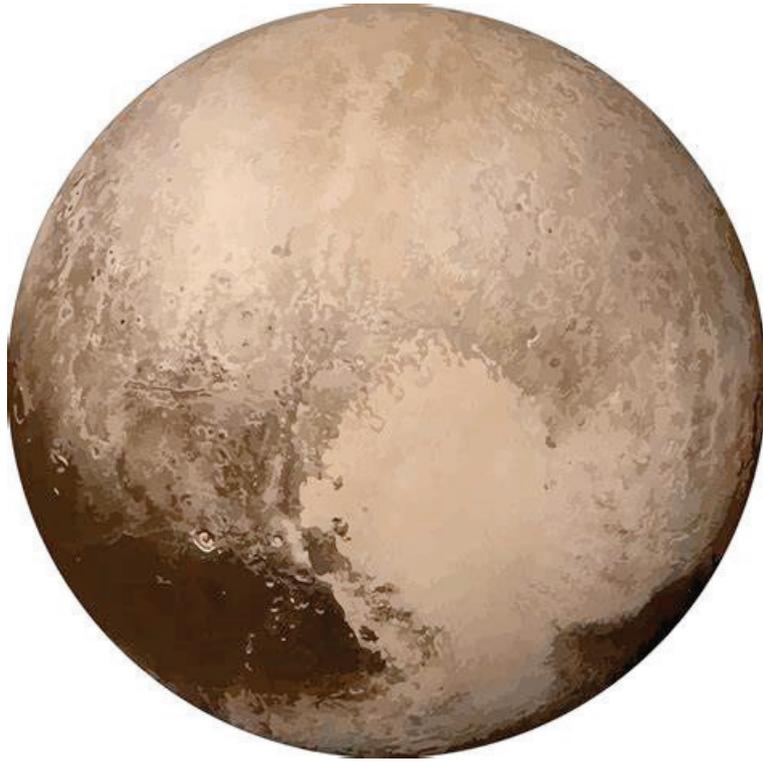


Figura 24 - Plutone

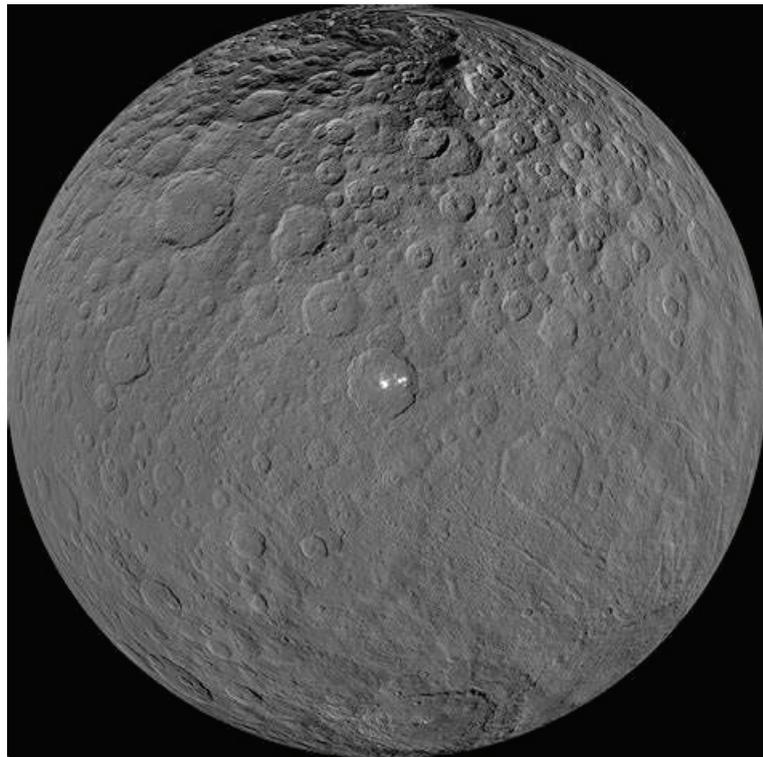


Figura 25 - Caronte

ASTEROIDI E COMETE: I “PARENTI POVERI” DEL SISTEMA SOLARE

Stefano Spagocci
stefanspag@gmail.com

GLI ASTEROIDI

Gli asteroidi sono piccoli corpi rocciosi che orbitano attorno al Sole, principalmente nella fascia tra Marte e Giove, chiamata “fascia principale degli asteroidi”, ma possono trovarsi anche in altre zone del sistema solare. La loro composizione varia ma la maggior parte degli asteroidi è costituita da metallo, roccia o una combinazione dei due. Si ritiene quindi che gli asteroidi siano resti di materiali che non sono riusciti a dare origine ad un pianeta durante la formazione del sistema solare, circa 4.6 miliardi di anni fa. Alcuni asteroidi potrebbero essere stati distrutti o danneggiati da collisioni.

Gli asteroidi sono molto più piccoli dei pianeti, con dimensioni che vanno da pochi metri a centinaia di chilometri. Ad esempio, il più grande asteroide della fascia principale è Cerere, scoperto da Giuseppe Piazzi nel 1801, che ha un diametro di circa 940 km ed è classificato anche come un pianeta nano. Fu il primo corpo minore del sistema solare ad essere scoperto. La maggior parte degli asteroidi segue orbite ellittiche intorno al Sole ma possono esserci variazioni dovute a interazioni gravitazionali con pianeti, in particolare Giove, che possono influenzarne le orbite.

CLASSIFICAZIONE

Gli asteroidi sono divisi in tre classi, a seconda della composizione:

- **Asteroidi di tipo C** (carboniosi): Composti principalmente da carbonio, sono i più comuni e si trovano principalmente nella parte esterna della fascia degli asteroidi.
- **Asteroidi di tipo S** (silicati): Composti da silicati, ferro e nichel, sono più abbondanti nella parte interna della fascia degli asteroidi.
- **Asteroidi di tipo M** (metallici): Composti principalmente da metalli come ferro e nichel, questi asteroidi sono più rari dei precedenti.



Gli asteroidi Gaspra e Ida, esplorati dalla sonda Galileo

ESPLORAZIONE

Negli ultimi decenni, le missioni spaziali hanno fatto progressi significativi nell'esplorare gli asteroidi, al fine di studiarne la composizione e comprendere meglio la formazione del sistema solare. In particolare, si sono svolte le seguenti missioni:

- **Galileo:** Missione della NASA, effettuò sorvoli ravvicinati degli asteroidi Gaspra e Ida (asteroide doppio, il cui compagno è Dactyl), fornendone le prime immagini dettagliate.
- **NEAR Shoemaker:** Prima sonda ad atterrare su un asteroide, Eros.
- **Hayabusa e Hayabusa2:** Missioni giapponesi per il recupero di campioni dagli asteroidi Itokawa e Ryugu.
- **OSIRIS-REx:** Missione della NASA per il prelievo di campioni dall'asteroide Bennu.
- **Lucy:** Missione NASA per l'esplorazione degli asteroidi troiani di Giove (quei corpi celesti che percorrono la stessa orbita di Giove, rimanendo ad una distanza angolare costante dal pianeta).
- **Psyche:** Missione NASA per esplorare l'asteroide metallico Psyche.

IMPATTI E RISCHI

Sebbene la maggior parte degli asteroidi non rappresenti una minaccia per la Terra, un impatto con un grande asteroide potrebbe avere conseguenze catastrofiche. La storia della Terra include impatti noti che hanno avuto effetti devastanti, come l'estinzione dei dinosauri 66 milioni di anni fa. Costituiscono una potenziale minaccia per la Terra i NEA (Near Earth Asteroids), asteroidi la cui orbita incrocia l'orbita terrestre. Esistono fortunatamente diversi programmi volti al monitoraggio dei NEA. Il problema, però, è cosa fare con un NEA pericoloso; tra le soluzioni proposte citiamo:

- Installare delle catapulte elettromagnetiche sull'oggetto per raccogliere ed espellere del materiale, fornendogli così una spinta di rinculo.
- Ricoprire l'asteroide con fogli di materiale riflettente che agiscano come una vela solare. Attraverso la pressione del vento solare si potrebbe quindi deviarne l'orbita.
- Inviare una sonda che urti l'asteroide e lo spinga, in modo da modificarne la traiettoria.
- Installare sull'asteroide un ordigno nucleare che, esplodendo, lo frantumi e devii quindi i frammenti risultanti, rispetto alla rotta di collisione con la Terra.

Due sono state le missioni spaziali dedicate allo studio delle possibili soluzioni per deviare l'orbita di un asteroide:

- **DART:** Missione NASA per deviare l'orbita dell'asteroide Dimorphos per impatto cinetico, lanciando la sonda (un impattatore di 610 kg, privo di carico scientifico) contro l'asteroide.
- **Hera:** Missione ESA per studiare gli effetti dell'impatto di DART.

IMPORTANZA SCIENTIFICA ED ECONOMICA

Gli asteroidi sono vere e proprie capsule del tempo, testimoni delle origini del nostro sistema solare. Con il continuo avanzamento delle missioni spaziali, il loro studio non solo approfondisce la nostra conoscenza dell'universo ma può anche contribuire a proteggere il nostro pianeta e aprire nuove prospettive per l'esplorazione e l'industria spaziale.

Gli asteroidi potrebbero anche avere un valore economico. Alcuni contengono metalli rari che potrebbero essere sfruttati in futuro per l'industria spaziale o per le risorse minerarie necessarie all'umanità. Inoltre, la possibilità di estrarre acqua dagli asteroidi potrebbe essere fondamentale per le missioni spaziali a lungo termine. Gli asteroidi sono quindi sia oggetti di interesse scientifico che potenziali risorse per l'umanità nel futuro.

LE COMETE

Le comete sono tra gli oggetti più affascinanti del cosmo, veri e propri fossili del sistema solare primordiale che ci aiutano a comprendere la nascita dei pianeti e forse della vita. Le comete potrebbero infatti aver portato amminoacidi e composti organici sulla Terra primordiale, favorendo l'origine della vita. Come suggerì Fred Whipple, una cometa può essere definita come una "palla di neve sporca". In particolare, una cometa è costituita da:

- **Nucleo:** Il cuore solido di una cometa, formato da ghiaccio d'acqua, anidride carbonica, ammoniaca, metano e rocce. I nuclei cometari hanno dimensioni dai 100 metri ai 40 chilometri
- **Chioma:** Quando il nucleo cometario si avvicina al Sole il ghiaccio sublima, formando una nube gassosa intorno ad esso.
- **Coda di gas (ioni):** Diretta in direzione opposta al Sole, spinta dal vento solare, spesso di colore azzurro per la presenza di monossido di carbonio ionizzato (CO⁺).
- **Coda di polveri:** Formata da particelle solide, più larga e curva della coda di gas, riflette la luce solare ed è generalmente di colore giallastro-biancastro.

La coda di una cometa può essere lunga fino a cento milioni di chilometri.

ORIGINE

Le comete provengono principalmente da due regioni del sistema solare: la nube di Oort e la fascia di Kuiper. In particolare:

- La **nube di Oort** è una sfera di corpi ghiacciati che circonda il sistema solare fino a 100000 UA (Unità Astronomiche) dal Sole. Qui nascono le comete a lungo periodo, con orbite che possono durare migliaia di anni.
- La **fascia di Kuiper** è una regione oltre Nettuno (tra 30 e 50 UA dal Sole), ricca di oggetti ghiacciati. Qui si trovano le comete a corto periodo come la famosa cometa di Halley. È anche la "casa" di Plutone ed altri pianeti nani.

CLASSIFICAZIONE

Le comete sono classificate nel modo seguente:

- **Comete a corto periodo:** Periodo orbitale inferiore a 200 anni. Tipici esempi sono la cometa di Halley (periodo di 76 anni) e la cometa Encke (periodo di 3.3 anni).
- **Comete a lungo periodo:** Periodo orbitale superiore a 200 anni. Un tipico esempio è la cometa Hale-Bopp (periodo di 2363 anni).
- **Comete “sungrazer”:** Si avvicinano moltissimo al Sole, spesso distruggendosi. Un tipico esempio è la cometa Lovejoy.



La famosa cometa di Halley



La cometa Hale-Bopp: sono evidenti le due code

COMETE FAMOSE

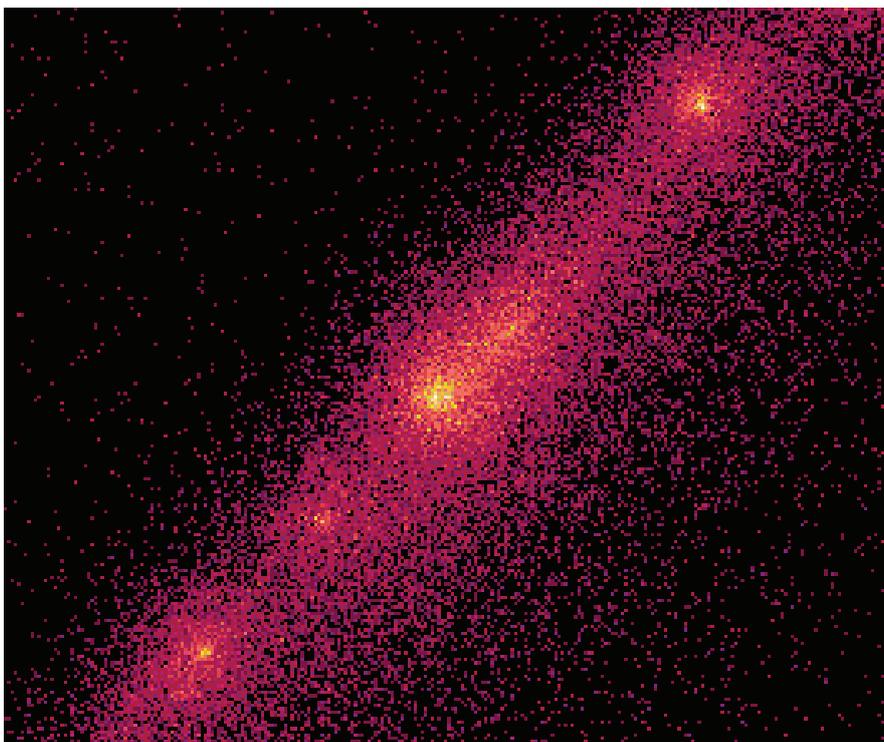
Tra le comete più famose possiamo citare:

- **La cometa di Halley:** Ciclica, appare ogni 76 anni (l'ultima apparizione si ebbe nel 1986). Fu osservata da astronomi come Edmond Halley (che la scoprì) e rappresentata in opere quali l'arazzo di Bayeux (1066).
- **La cometa Hale-Bopp (1997):** Una delle più luminose del XX secolo, fu visibile a occhio nudo per 18 mesi.
- **La cometa Shoemaker-Levy 9 (1994):** Colpì Giove, spezzandosi in 21 frammenti. In seguito allo studio di tale evento si dimostrò la rilevanza delle comete per la dinamica del sistema solare.

ESPLORAZIONE

Diverse missioni spaziali si sono dedicate all'esplorazione di comete:

- **Giotto (ESA):** Prima missione ad osservare da vicino il nucleo della cometa di Halley.
- **Stardust (NASA):** Ha raccolto e riportato sulla Terra campioni dalla coda della cometa Wild 2.
- **Deep Impact (NASA):** Ha lanciato un proiettile contro il nucleo della cometa Tempel 1, il che ha permesso di studiarne la struttura interna.
- **Rosetta (ESA):** Ha studiato la cometa Churyumov-Gerasimenko, atterrandone (col lander Philae) sul nucleo e rivelando la presenza di ossigeno molecolare e molecole organiche complesse.



Frammenti del nucleo della Shoemaker-Levy 9 (Hubble Space Telescope)

STELLE CADENTI

Citiamo infine il fatto che, come scoprì Giovanni Virginio Schiaparelli, i meteoroidi (informalmente detti “stelle cadenti”) sono spesso residui cometari. Quando una cometa si avvicina al Sole, il calore fa evaporare il ghiaccio, liberando polveri e frammenti rocciosi che restano lungo la sua orbita. Quando la Terra attraversa queste nuvole di detriti si verificano le piogge meteoriche, come le Perseidi (dalla cometa Swift-Tuttle) o le Leonidi (dalla cometa Tempel-Tuttle). Alcuni meteoroidi sono invece frammenti derivati da collisioni tra asteroidi nella fascia principale tra Marte e Giove.

PLUTONE

Mauro Nardi

Una piccola famiglia contadina, Adella e Muron giovani sposi sono felici per la nascita del loro primo figlio, Clyde Tombaugh nasce a Streator il 4 febbraio 1906 e decede a Las Cruces il 17 gennaio 1997. La famiglia abita nel territorio dell'Illinois e svolge l'attività agricola. Il ragazzo però non è interessato alla vita contadina perché cresce guardando le stelle.



Tombaugh nella fattoria di famiglia con il suo telescopio fatto in casa (1928) - (tratta da Wikipedia)

Il suo grande interesse per il cielo lo portò a costruirsi un telescopio con cui realizzò i primi schizzi dei pianeti.

Per testare meglio gli specchi del suo telescopio, Tombaugh, con solo un piccone e una pala, scavò una fossa lunga 24 piedi, profonda 8 piedi e larga 7 piedi. Questo forniva una temperatura dell'aria costante, priva di correnti ed era utilizzata anche dalla famiglia come cantina per le radici e ricovero di emergenza. Inviò disegni di Giove e Marte al direttore del *Lowell Observatory di Flagstaff*, in Arizona, **Vesto Melvin Slipher**.

Egli rimase impressionato al punto da offrirgli un lavoro, che Clyde accettò senza pensarci due volte. Appena approdato **all'osservatorio si dedicò al lavoro di Percival Lowell**, basato sulle presunte imperfezioni nelle previsioni dei moti di Urano e Nettuno.

Nel 1905, il fondatore dell'osservatorio di Flagstaff ed astronomo Percival Lowell, prevede la possibilità dell'esistenza di un nono pianeta. Di fatto, il ricercatore elabora degli studi sui movimenti incongruenti, dei pianeti Urano e Nettuno.

La scoperta avvenne martedì 18 febbraio 1930, utilizzando immagini scattate il mese precedente.

Dopo la scoperta, Tombaugh così si esprime:

“Improvvisamente mi balzò agli occhi un oggetto di quindicesima magnitudine. Eccolo, mi dissi. Un’emozione incredibile mi travolse. Questa sarebbe stata una scoperta storica. Mi diressi subito nell’ufficio del direttore. Cercando di controllarmi, entrai nell’ufficio ostentando indifferenza. Dr. Slipher, ho trovato il suo Pianeta X”.

In seguito, risulta chiaro il fatto che Plutone presenta piccole dimensioni e non rappresenta un pericolo per le orbite di Urano e Nettuno. In campo scientifico, Tombaugh scopre anche quattordici asteroidi.

Dopo la scoperta, il nuovo corpo celeste venne rinominato Plutone, divinità romana dell’oltretomba. Il nome venne suggerito da una **bambina di 11 anni, Venetia Burney**, figlia di un professore di Oxford. Le prime lettere del nome, PL, sono anche le iniziali dell’astronomo Percival Lowell che per primo ne ipotizzò l’esistenza,

Plutone (*Pluto, -onis*, forma latinizzata del greco Πλούτων *Ploutōn*) è una delle principali divinità della mitologia romana, signore dell’Averno (Ade) sul quale regna assieme alla dea Proserpina (corrispondente alla greca Persefone).

Il termine *Ploutōn* (Πλούτων) deriva da *Ploutos* (Πλούτος) che significa *ricco*, mentre nella mitologia greca si identifica sia con Ade che, con minore frequenza, con Pluto. Quale dio dei morti è riconducibile ad Ade, il cui nome *Hādēs* (Ἅιδης), significa *colui che si nasconde*, sebbene differisca nel carattere. Quale dio della prosperità è riconducibile a Pluto causa i tesori celati nelle viscere della terra (inoltre durante l’età aurea, custodiva il sottosuolo, dalla quale i semi traggono il necessario per un buon raccolto). Il nome *Ploutōn* conobbe un ampio uso con i Misteri eleusini, nei quali è venerato come un sovrano severo ma amorevole marito di Persefone. La coppia riceve le anime nell’oltretomba e sono invocati assieme nelle iscrizioni religiose. Viceversa, Ade aveva templi e pratiche religiose connesse solo a lui ed è rappresentato come oscuro e violento rapitore di Persefone.



Tombaugh created his photographic plates using this 13-inch (330 mm) astrograph - Tratto da Wikipedia

Tombaugh conseguì una laurea e un master in astronomia presso l'Università del Kansas nel 1936 e nel 1938. Durante la seconda guerra mondiale insegnò navigazione al personale navale presso la Northern Arizona University. Ha insegnato astronomia alla New Mexico State University fino al pensionamento nel 1973.

Nel 1980 è stato inserito nella International Space Hall of Fame.

A partire dal 6 aprile 1929, Tombaugh utilizzò l'astrografo da 13 pollici (330 mm) dell'osservatorio per scattare fotografie della stessa sezione di cielo a diverse notti di distanza.

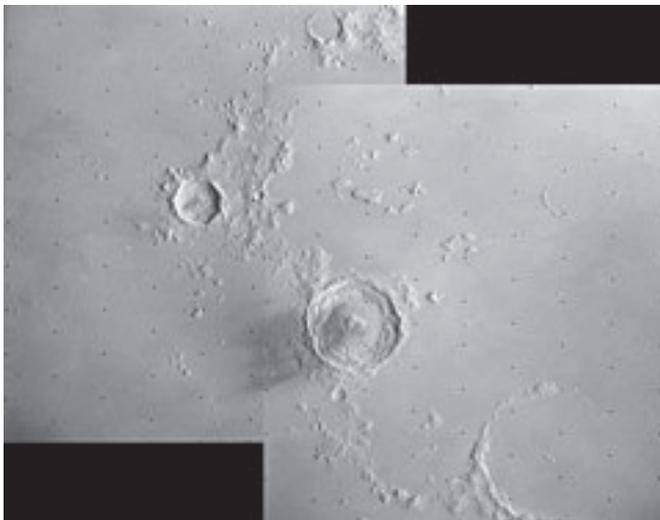
Ha quindi utilizzato un comparatore lampeggiante per confrontare le diverse immagini. Quando si spostava tra le due immagini, un oggetto in movimento, come un pianeta, sembrava saltare da una posizione all'altra.

A causa della mancanza di ulteriori scoperte concluse che era davvero un pianeta. L'idea che Plutone non fosse un vero pianeta è rimasta una posizione di minoranza fino alla scoperta di altri oggetti della fascia di Kuiper, alla fine degli anni '90, che hanno dimostrato che non orbitava da solo, ma era nel migliore dei casi il più grande di un numero di corpi ghiacciati nella sua regione di spazio. Dopo la dimostrazione che almeno uno di questi corpi, soprannominato Eris, era più massiccio di Plutone L'UNIONE ASTRONOMICA INTERNAZIONALE (IAU) ha riclassificato

PLUTONE il 24 agosto 2006, come un [pianeta nano](#) , lasciando otto pianeti nel Sistema Solare

PIANETI MINORI SCOPERTI DA TOMBAUGH:

Designazione	Scoperta
2839 Annette	5 ottobre 1929
2941 Aden	24 dicembre 1930
3310 Patsi	9 ottobre 1931
3583 Burdett	5 ottobre 1929
3754 Caterina	16 marzo 1931
3775 Elenabeth	6 ottobre 1931
3824 Brandaleo	5 ottobre 1929
4510 Shawna	13 dicembre 1930
4755 Nicki	6 ottobre 1931
5701 Baltick	3 novembre 1929
6618 Jimsimons	16 settembre 1936
7101 Haritina	17 ottobre 1930
7150 McKellar	11 ottobre 1929
(8778) 1931 TD 3	10 ottobre 1931
134340 Plutone	23 gennaio 1930



Pianeta	Marte
Coordinate	3,5°N 198,2°O Coordinate : 3.5°N 198.2°W
Quadrilatero	Elisio
Diametro	60,3 km (37,5 miglia)
Eponimo	CLYDE TOMBAUGH

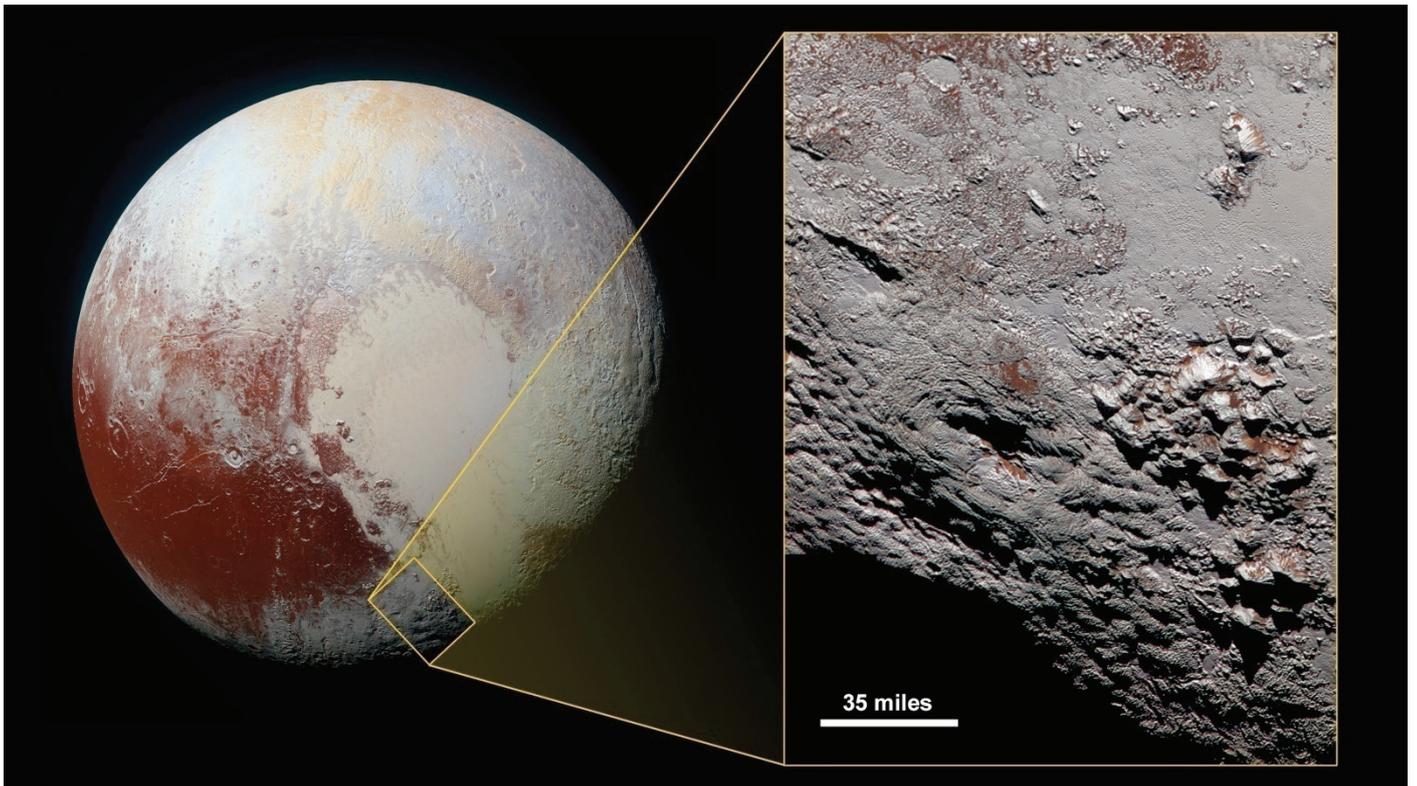
Mosaico Viking Orbiter 1 con cratere Tombaugh al centro - Tratto da Wikipedia

Finalmente la navicella spaziale New Horizons della NASA ha fatto la storia. Dopo un viaggio di quasi 10 anni e oltre 3 miliardi di miglia, L'intrepida sonda delle dimensioni di un pianoforte ha volato entro 7.800 miglia da Plutone. Per la prima volta in assoluto, abbiamo visto la superficie di questo mondo lontano con spettacolari dettagli colorati.

“Mi è chiaro che il sistema solare ha tenuto il meglio per ultimo!”

Così ha detto Alan Stern, investigatore principale di New Horizons del Southwest Research Institute, Boulder Colorado. “Non avremmo potuto esplorare un pianeta più affascinante o scientificamente importante ai margini del nostro sistema solare. Il team di New Horizons ha lavorato per 15 anni per pianificare ed eseguire questo passaggio ravvicinato e Plutone ci ha ripagato a palate!

“New Horizons ha trasformato Plutone da un punto telescopico sfocato, in un mondo vivente con una straordinaria diversità e una complessità sorprendente”, ha affermato Hal Weaver, scienziato del progetto New Horizons presso il Johns Hopkins Applied Physics Laboratory di Laurel, nel Maryland. “Siamo rimasti tutti sbalorditi dalla gamma di fenomeni nell’intero sistema Plutone, dalla colorazione polare di Caronte e il gigantesco baratro, alla composizione “palla di ghiaccio” dei quattro satelliti più piccoli che hanno offerto preziosi indizi sulle origini del sistema. Un vero tributo alla visione e alla tenacia del team NASA New Horizons”.



Visione globale a colori migliorata di Plutone, scattata quando la navicella spaziale New Horizons della NASA era a 280.000 miglia (450.000 chilometri) di distanza. Crediti: NASA/JHUAPL/SwRI

Osservato dalla Terra, Plutone presenta una magnitudine apparente media pari a 15,1 e raggiunge la sua massima luminosità nel periodo centrato sul perielio, arrivando ad una magnitudine pari a 13,65. Il suo diametro angolare varia da un minimo di 0,06 a un massimo di 0,11 secondi d’arco quando si trova alla minima distanza dal nostro pianeta. Queste caratteristiche ne rendono problematica l’osservazione e giustificano il fatto che sia stato scoperto solamente

nella prima metà del XX secolo.

Plutone non può essere osservato facilmente mediante piccoli strumenti amatoriali. Telescopi con apertura superiore a 200 mm dovrebbero permettere di scorgerlo, sebbene sia preferibile utilizzare aperture di almeno 300–350 mm per osservarlo.

L'utilizzo sempre più diffuso di CCD in campo amatoriale permette, sotto un cielo con un buon seeing di poter acquisire immagini anche del suo satellite Caronte, quando quest'ultimo si trova alla massima distanza angolare da Plutone



PLUTONE – NASA

Plutone (*Pluto*, *-onis*, forma latinizzata del greco Πλούτων *Ploutōn*) è una delle principali divinità della mitologia romana, signore dell'Averno (Ade) sul quale regna assieme alla dea Proserpina (corrispondente alla greca Persefone).

Il termine *Ploutōn* (Πλούτων) deriva da *Ploutos* (Πλούτος) che significa *ricco*, mentre nella mitologia greca si identifica sia con Ade che, con minore frequenza, con Pluto. Quale dio dei morti è riconducibile ad Ade, il cui nome *Hādēs* (Ἅιδης), significa *colui che si nasconde*, sebbene differisca nel carattere. Quale dio della prosperità è riconducibile a Pluto causa i tesori celati nelle

viscere della terra (inoltre durante l'età aurea, custodiva il sottosuolo, dalla quale i semi traggono il necessario per un buon raccolto). Il nome *Ploutōn* conobbe un ampio uso con i Misteri eleusini, nei quali è venerato come un sovrano severo ma amorevole marito di Persefone. La coppia riceve le anime nell'oltretomba e sono invocati assieme nelle iscrizioni religiose. Viceversa, Ade aveva templi e pratiche religiose connesse solo a lui ed è rappresentato come oscuro e violento rapitore di Persefone.

Osservato dalla Terra, Plutone presenta una magnitudine apparente media pari a 15,1 e raggiunge la sua massima luminosità nel periodo centrato sul perielio, arrivando ad una magnitudine pari a 13,65. Il suo diametro angolare varia da un minimo di 0,06 a un massimo di 0,11 secondi d'arco, quando si trova alla minima distanza dal nostro pianeta. Queste caratteristiche ne rendono problematica l'osservazione e giustificano il fatto che sia stato scoperto solamente nella prima metà del XX secolo.

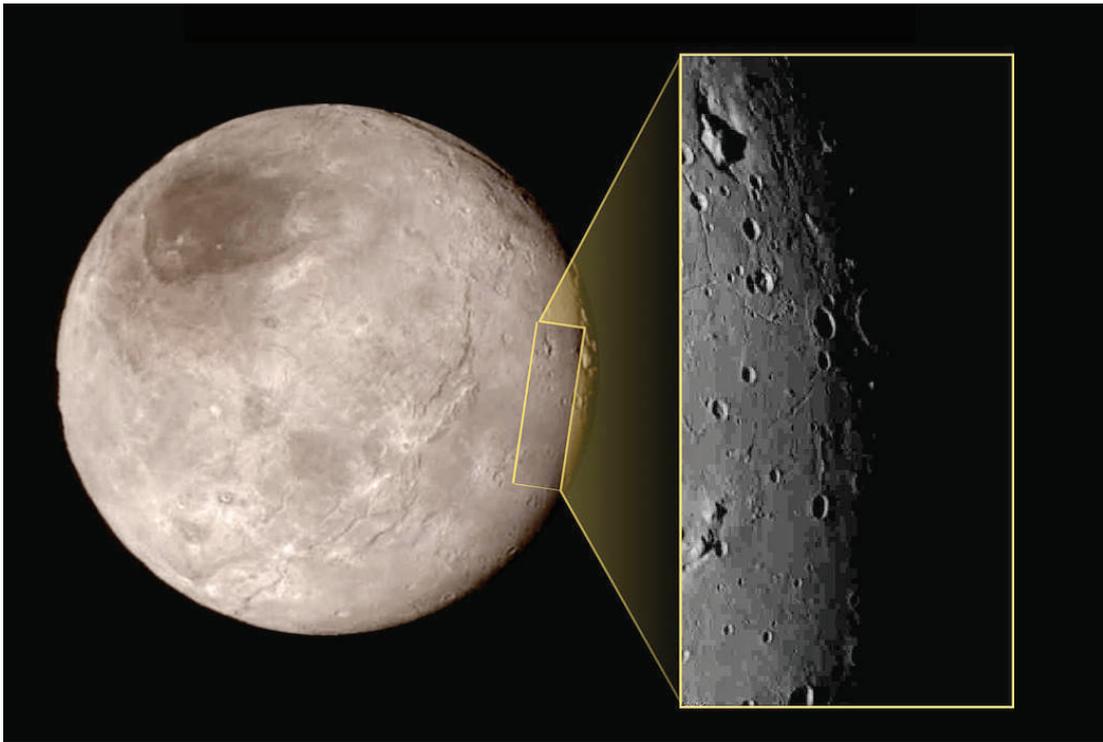
Plutone non può essere osservato facilmente mediante piccoli strumenti amatoriali. Telescopi con apertura superiore a 200 mm dovrebbero permettere di scorgerlo, sebbene sia preferibile utilizzare aperture di almeno 300–350 mm per osservarlo.

L'utilizzo sempre più diffuso di CCD in campo amatoriale permette, sotto un cielo con un buon seeing di poter acquisire immagini anche del suo satellite Caronte, quando quest'ultimo si trova alla massima distanza angolare da Plutone

Plutone è il pianeta nano per eccellenza. In effetti anche la stessa Unione Astronomica Internazionale, con una risoluzione successiva a quella che definì i pianeti, riconobbe Plutone come *prototipo* di questa classe di oggetti, per sottolinearne l'importanza storica. Pochi mesi prima della riclassificazione, da Terra partì la sonda **New Horizons**, che arrivò a sorvolare Plutone nel **2015**, consegnandoci un volto e un mare di dati per questo pianeta nano. Proprio grazie a questo flyby, oggi sappiamo moltissimo su Plutone, come il fatto che quel grande cuore di ghiaccio che appare sulla sua superficie non è altro che un enorme ghiacciaio spesso quattro chilometri e che si inserisce in quello che probabilmente è un enorme cratere da impatto. È fatto di ghiaccio di azoto, ammoniaca, metano e acqua, interconnessi in una dinamica complessa che coinvolge processi di scioglimento e risolidificazione. Plutone, con i suoi quasi **2400 chilometri** di diametro, è il più grande tra i pianeti nani noti e ha ben cinque lune, la più grande delle quali è **Caronte**, con la quale costituisce sostanzialmente un sistema binario di pianeti nani.

La più grande delle cinque lune di Plutone, Caronte, è stata scoperta 40 anni fa da James Christy e Robert Harrington all'Osservatorio navale degli Stati Uniti a Flagstaff, in Arizona, a sole sei miglia da dove Plutone stesso è stato scoperto al Lowell Observatory. Non stavano nemmeno cercando i satelliti di Plutone. Christy stava cercando di perfezionare l'orbita di Plutone attorno al Sole.

Molti scienziati di New Horizons si aspettavano che Caronte fosse un mondo monotono e pieno di crateri. Invece, hanno trovato un paesaggio coperto di montagne giganti, vasti canyon, una strana calotta polare, variazioni di colore della superficie e frane.



Caronte – NASA

“Anche se Plutone non fosse lì, Caronte sarebbe stato di per sé un ottimo bersaglio per il sorvolo”, ha detto Will Grundy, un co-investigatore del team scientifico di New Horizons del Lowell Observatory di Flagstaff, in Arizona. “È un mondo molto più eccitante di quanto immaginassimo.”

Le dimensioni e la vicinanza di Caronte a Plutone hanno aiutato la spinta a inviare una missione su Plutone e vedere, da vicino, qualcosa per la prima volta. “L’importanza della scoperta di Caronte non può davvero essere sottovalutata”, ha affermato Alan Stern, ricercatore principale di New Horizons del Southwest Research Institute di Boulder, in Colorado. “Noi del team di New Horizons abbiamo un grande debito di gratitudine nei confronti di Jim Christy per la sua scoperta storica.”

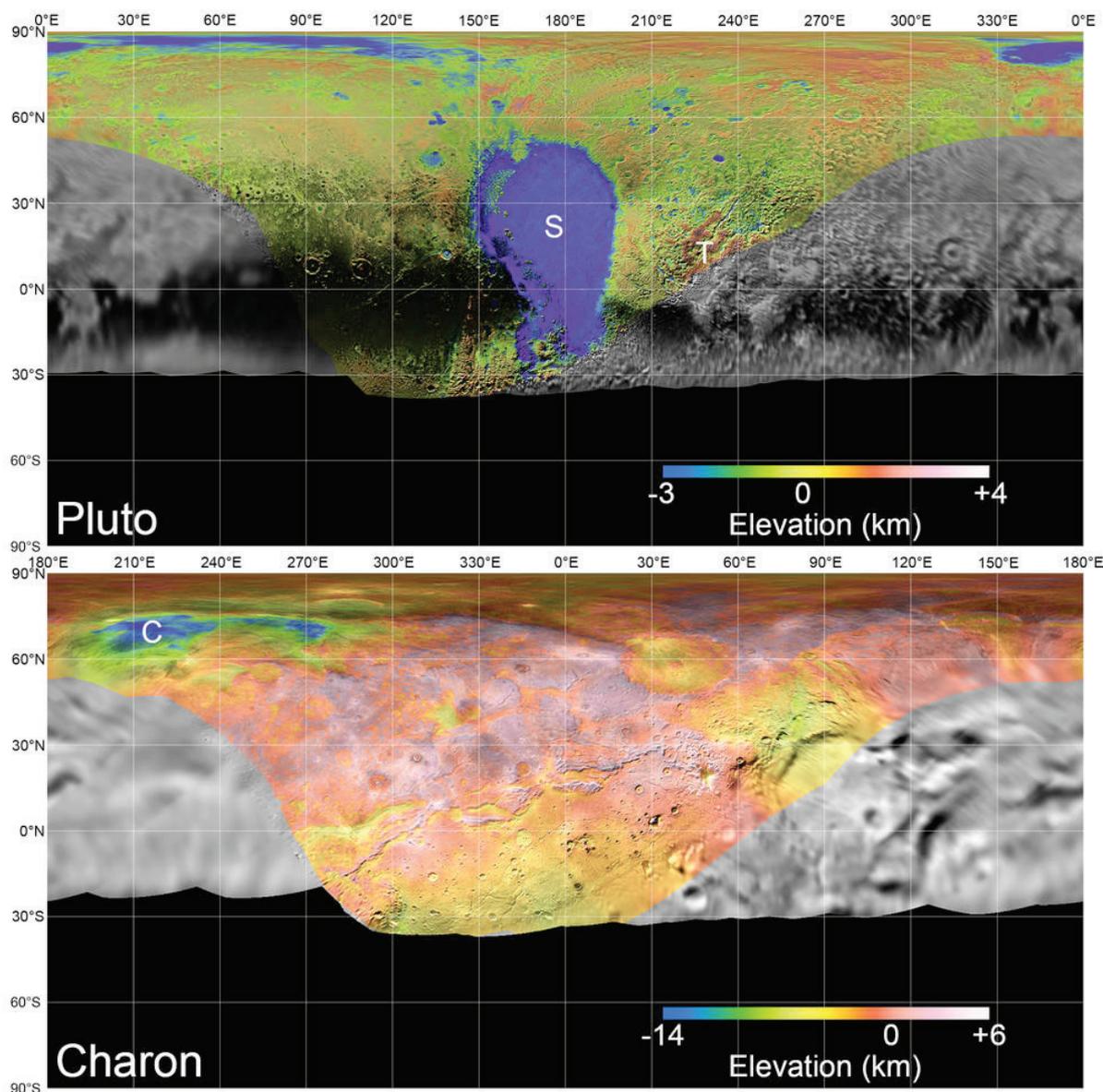
Nel Libro VI dell’Eneide, nei versi 295-316 Virgilio presenta la figura di Caronte, traghettatore delle anime dei defunti verso il regno dell’oltretomba.

Nella mitologia greca e nella mitologia romana, Caronte , era il traghettatore dell’Ade. Come psicopompo trasportava le anime dei morti da una riva all’altra del fiume Acheronte (nella Divina Commedia) o nello Stige (per Greci, Etruschi e Romani), ma solo se i loro cadaveri avevano ricevuto i rituali onori funebri (o in un’altra versione, se disponevano di un obolo (moneta) per pagare il viaggio); chi non li aveva (o non aveva l’obolo) era costretto a stare in eterno senza pace tra le nebbie del fiume (o secondo alcuni autori, per cento anni).

Caronte ha due distinti tipi di terreno: un’immensa pianura che si estende verso sud ufficialmente chiamata Vulcan Planitia che è grande almeno quanto la California, e un terreno accidentato chiamato colloquialmente Oz Terra che si estende verso nord al polo nord di Caronte. Entrambi sembrano essersi formati dal congelamento e dall’espansione di (avete indovinato!), un antico oceano sotto la crosta di Caronte.

La sua composizione è per il 70% di roccia e il restante (si pensa) di ghiaccio, più simile a quella dei satelliti di Nettuno che ai pianeti esterni gassosi (Giove, Saturno, Urano e Nettuno).

Come accennato prima anche l'orbita gioca a suo sfavore. Plutone compie il proprio moto di rivoluzione in circa 247,9 anni terrestri (non ha quindi ancora compiuto un'orbita completa da quando è stato scoperto), con una distanza dal Sole che oscilla fra i 7,37 miliardi di km dell'afelio e i 4,43 miliardi di km del perielio. In un certo periodo dell'anno quindi esso si trova più vicino al Sole rispetto a Nettuno. La sua orbita ha ancora due caratteristiche che la differenziano da quelle degli altri pianeti: essa ha una spiccata eccentricità (0,24, quasi 15 volte quella della Terra) ed è molto inclinata rispetto al piano dell'eclittica, ovvero l'orbita della Terra ($17,14^\circ$, rispetto per esempio ai $2,48^\circ$ di Saturno).



Queste nuove mappe della storica esplorazione di Plutone da parte della missione New Horizons della NASA nel 2015 aiuteranno a svelare questi misteri e sono alla portata di tutti". La complessità del sistema di Plutone - dalla sua geologia al suo sistema satellitare alla sua atmosfera

- è andata oltre la nostra più sfrenata immaginazione”, ha affermato Alan Stern, ricercatore principale di New Horizons del Southwest Research Institute di Boulder, in Colorado. “Ovunque ci giriamo ci sono nuovi misteri. Queste nuove mappe della storica esplorazione di Plutone da parte della missione New Horizons della NASA nel 2015 aiuteranno a svelare questi misteri e sono alla portata di tutti”.

I mosaici globali di Plutone e Caronte proiettati a 300 metri (985 piedi) per pixel sono stati assemblati dalla maggior parte delle immagini ad alta risoluzione ottenute dal Long-Range Reconnaissance Imager (LORRI) e dalla Multispectral Visible Imaging Camera (MVIC) a bordo di New Horizons. I dati di topografia stereo trasparente e colorata generati per gli emisferi di incontro di Plutone e Caronte sono stati sovrapposti ai mosaici. Il terreno a sud di circa 30°S su Plutone e Caronte era nell’oscurità prima e durante il sorvolo, quindi è mostrato in nero. “S” e “T” indicano rispettivamente Sputnik Planitia e Tartarus Dorsa su Plutone, e “C” indica Caleuche Chasma su Caronte. Tutti i nomi delle caratteristiche su Plutone e Caronte sono informali. Crediti: NASA/JHUAPL/SwRI/LPI

Last Updated: Aug 7, 2017 Editor: Bill Keeter Tags: Dwarf Planets, New Horizons, Pluto, Solar System

È ufficiale: il «cuore» di Plutone ora porta il nome del pionieristico astronomo americano Clyde Tombaugh, che scoprì Plutone nel 1930. E un cratere su Plutone prende ora ufficialmente il nome da Venetia Burney, la studentessa britannica che nel 1930 suggerì il nome “Plutone”

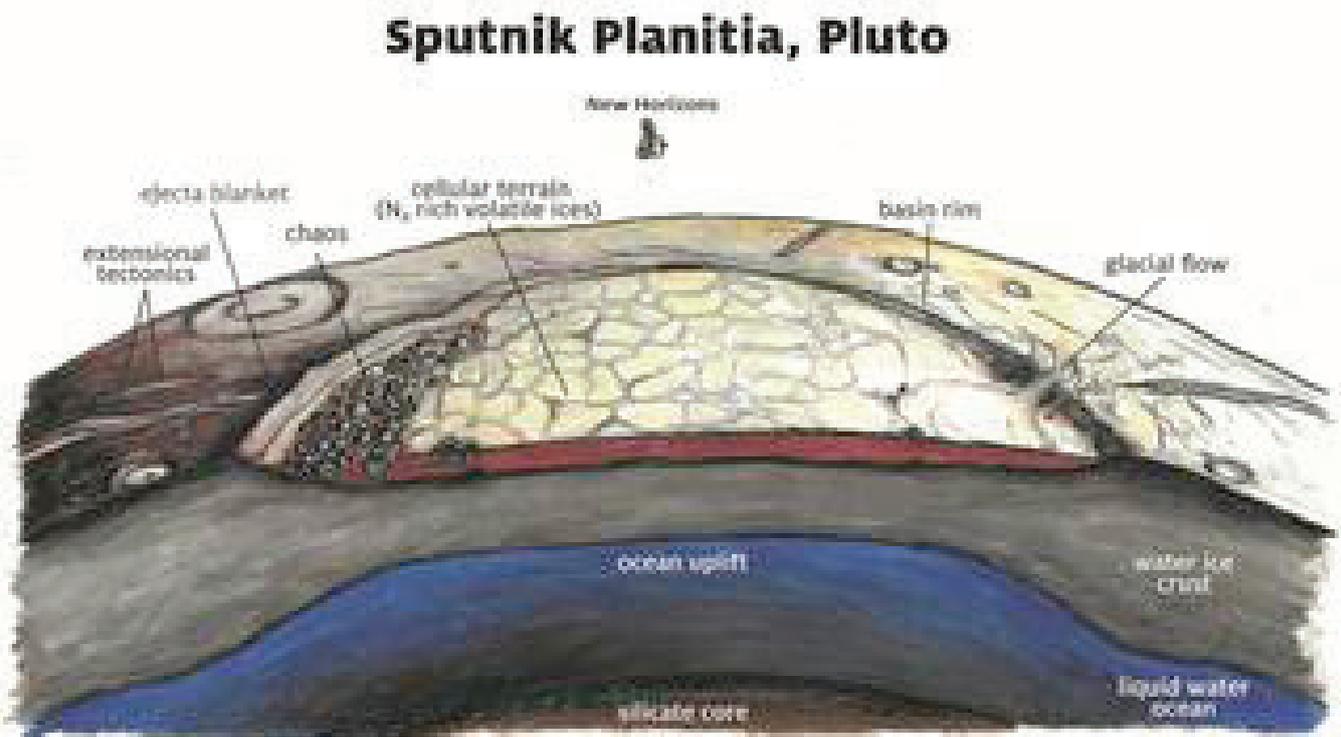
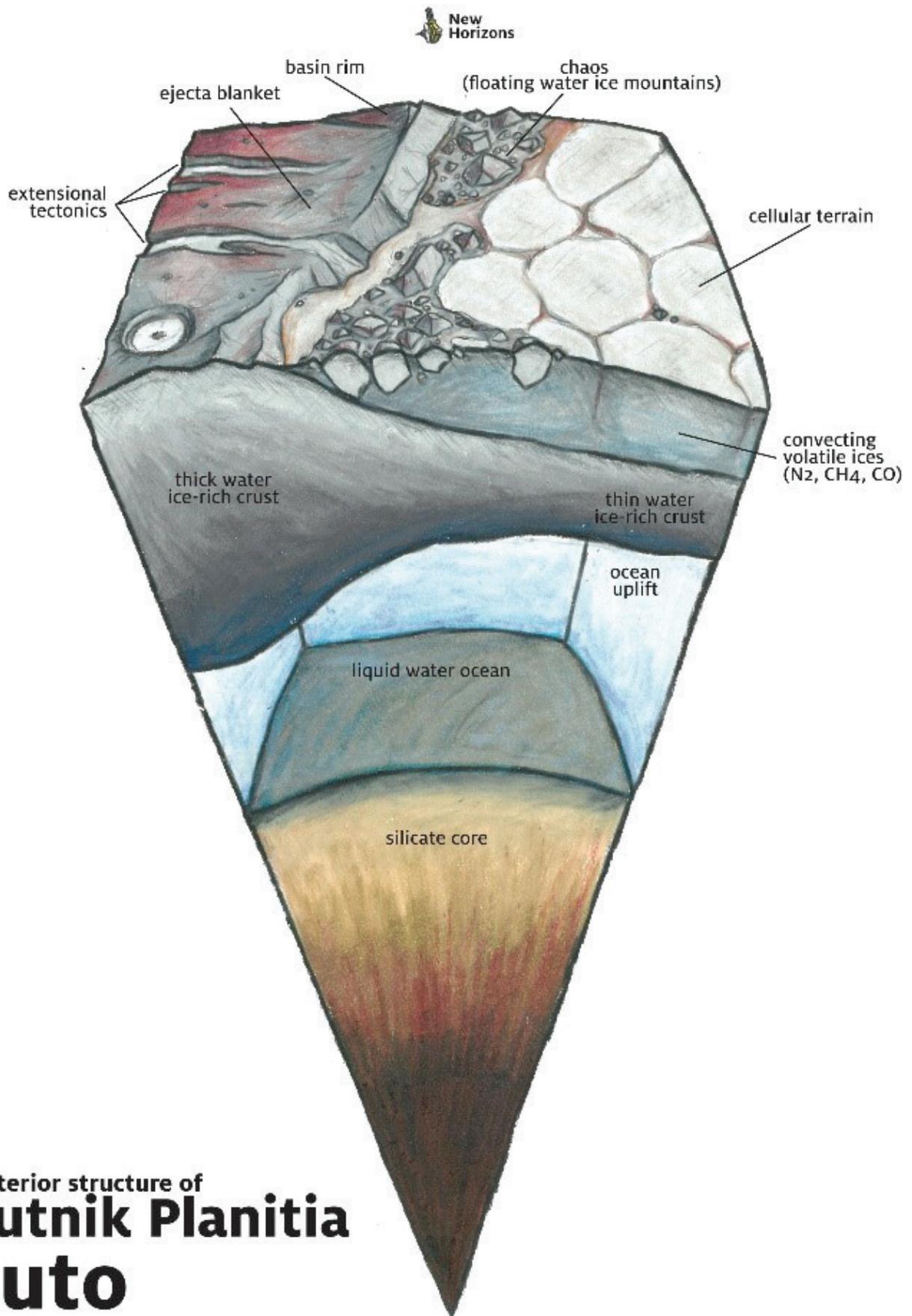
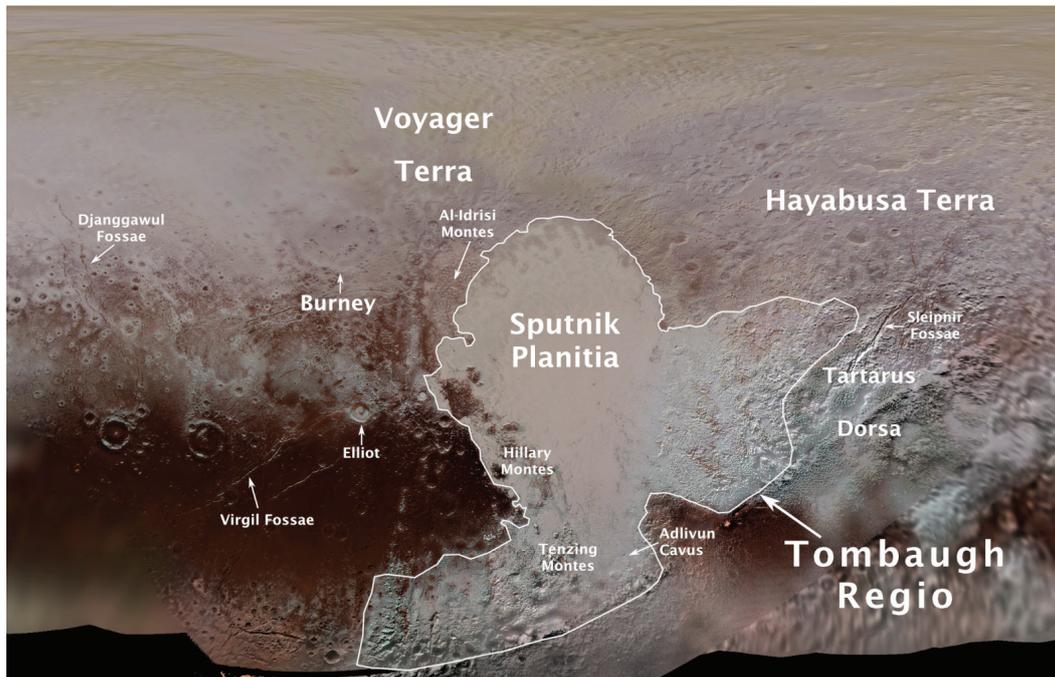


Illustration of the interior structure of Sputnik Planitia at Pluto - Credits: James Tuttle Keane





Un totale di 14 toponimi di Plutone sono stati ora ufficializzati dall'IAU; molti altri saranno presto proposti all'IAU, sia su Plutone che sulle sue lune. “Le designazioni approvate onorano molte persone e missioni spaziali che hanno aperto la strada alla storica esplorazione di Plutone e della fascia di Kuiper, i mondi più lontani mai esplorati”, ha affermato Alan Stern, ricercatore principale di New Horizons del Southwest Research Institute, Boulder, Colorado.

I primi nomi ufficiali delle caratteristiche della superficie di Plutone sono contrassegnati su questa mappa, compilata da immagini e dati raccolti dal veicolo spaziale New Horizons della NASA durante il suo volo attraverso il sistema Plutone nel 2015. Crediti: NASA/JHUAPL/SwRI/Ross Beyer

<https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/plutofeaturesmap083117.png>

PICCOLA ENCICLOPEDIA ASTRONOMICA

Franco Vruna

Al centro della Via Lattea c'è un rigonfiamento quasi sferico, costituito da un ammasso densissimo di vecchie stelle e circondato da grandi masse di polveri e gas. Ciononostante, riusciamo a scrutarne l'interno grazie all'enorme flusso di onde radio e di radiazione infrarossa che emette. Il nucleo centrale della nostra galassia si trova nella costellazione del Sagittario, in una zona molto ristretta che, vista dalla Terra, risulta la più intensa sorgente di onde radio cosmiche: Sagittarius A. La regione comprende anche un'intensa sorgente di radiazione infrarossa, emessa parzialmente da stelle e parzialmente da polvere circumstellare. Le osservazioni indicano che ci potrebbero essere più di un milione di stelle in rapido movimento all'interno di una regione di un anno luce di raggio.

Osserviamo più da vicino questo regno celeste: guidati dalla forte emissione di onde radio e di radiazione infrarossa abbandoniamo, per adesso solo con la fantasia, la posizione periferica in cui si trova il nostro sistema solare e andiamo verso il centro della galassia. Con un diametro di circa 33.000 anni luce, il rigonfiamento centrale è molto grande. Quando giungiamo sul bordo foriamo, senza fermarci, la barriera di enormi nubi oscure composte da idrogeno molecolare. Passata la barriera, mancano poco meno di 16.500 anni luce per giungere nel centro della Via Lattea. Come si sapeva dalle osservazioni radio-telescopiche da terra, quando arriviamo a 10.000 anni luce dal centro galattico troviamo una barriera di idrogeno neutro a forma di anello che si espande ruotando vorticosamente, con velocità radiale compresa tra 50 e 150 chilometri al secondo.

ANELLI VORTICANTI

Spingiamoci fino a circa 4900 anni luce dal centro: sempre all'interno del rigonfiamento troviamo un altro disco più piccolo, composto da idrogeno atomico e molecolare e inclinato rispetto al piano della galassia di un angolo compreso tra 15 e 20 gradi. Siamo ancora a una distanza di circa 980 anni luce dal centro e troviamo un terzo disco in rotazione, costituito da nubi di polvere, da molecole di vario tipo e da una grande quantità di idrogeno sia allo stato atomico sia allo stato molecolare. In vicinanza di luminosissime stelle supergiganti blu-bianche troviamo anche una certa quantità di idrogeno ionizzato alla temperatura di circa 10.000 Kelvin.

Stiamo navigando in un mare di stelle; in un volume sferico di circa 750 anni luce di raggio ci muoviamo tra stelle gigantesche, addensate un milione di volte più che in prossimità del nostro Sole e 150 volte più che nel più compatto ammasso globulare che si conosca. La distanza media tra stelle è di appena una settimana luce, poco più di sette volte la distanza tra il Sole e Plutone. Siamo arrivati a circa 33 anni luce dal cuore vivo e pulsante della nostra galassia e ci accoglie un quarto anello vorticante, anch'esso molto denso ma più freddo dei precedenti: solo 5000 Kelvin. A circa dieci anni luce dal centro galattico ci muoviamo tra milioni di stelle e nubi di gas ionizzato,

ciascuna con una massa circa uguale a quella del Sole e con un diametro di poco superiore ad un anno luce. Questo è il regno della velocità, perché queste nubi ruotano ancora più velocemente delle precedenti, completando una rivoluzione in meno di 10.000 anni.

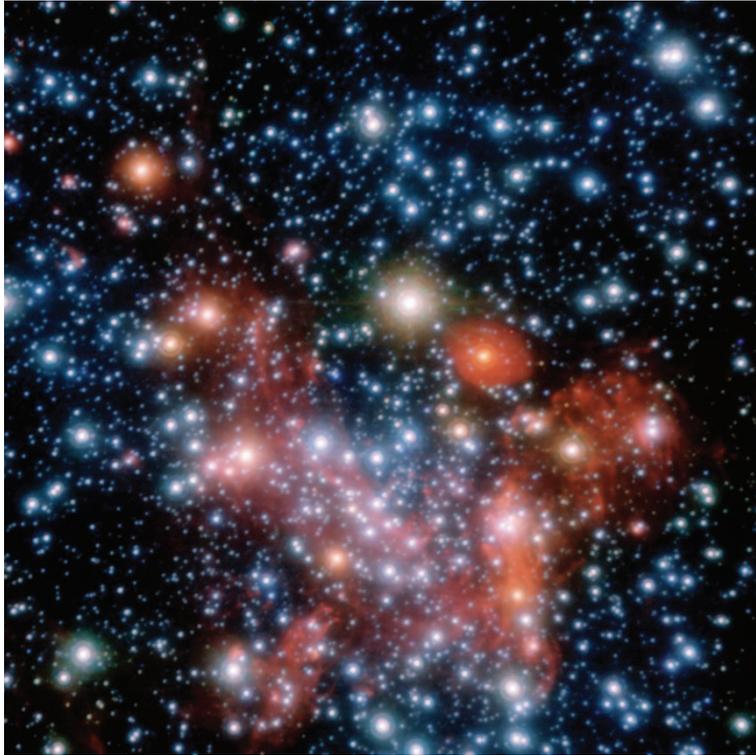
UN BUCO NERO NON BASTA

Sono state elaborate teorie secondo le quali il nucleo galattico contiene materia collassata sotto forma di un buco nero. Questo avrebbe dovuto avere una massa di un numero di soli compreso tra diecimila e un milione ma recentemente sono stati osservati giganteschi flussi di energia, per i quali anche un mostruoso buco nero non costituirebbe una spiegazione sufficiente. Già da tempo nel centro della Via Lattea era stata osservata un'intensa emissione di raggi x: la sorgente era stata chiamata Sagittarius X. Solo con la messa in orbita dell'osservatorio Compton della NASA è stato possibile studiare nei dettagli l'emissione di raggi gamma, la radiazione elettromagnetica più energetica che si conosca. Le immagini ottenute nel corso di questa ricerca sembrano mostrare qualcosa di molto più grande e mostruoso di quanto si sarebbe potuto pensare: dal centro della galassia si alza un enorme getto di positroni, una fontana di antimateria che arriva all'altezza di 3000 anni luce.

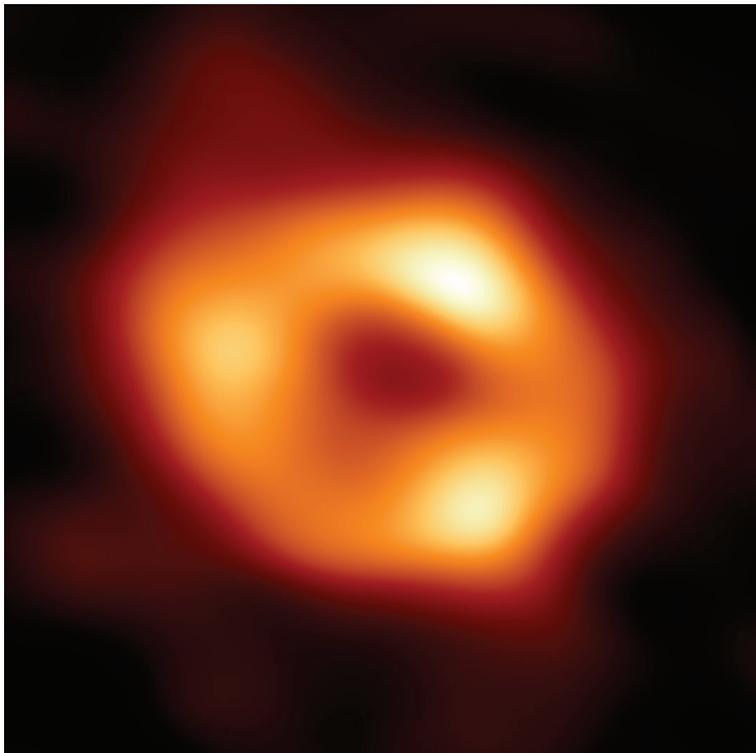
Le immagini dell'osservatorio Compton mostrano un'enorme nube di antimateria che si accresce, alimentata dal getto, ma la prima prova visiva diretta della presenza di un enorme buco nero al centro della Via Lattea è stata ottenuta dall'Event Horizon Telescope (EHT), una schiera che collega otto radio-osservatori sparsi su tutto il pianeta, per formare un unico telescopio virtuale delle dimensioni della Terra. Per quanto sembri una banale immagine sfuocata, si tratta di una delle maggiori conquiste dell'astronomia, considerato l'enorme sforzo scientifico e tecnologico che è stato necessario per ottenerla.



La regione centrale della Via Lattea, nella costellazione del Sagittario



Un'immagine delle stelle situate nel centro della nostra galassia



La prima immagine del buco nero situato nel centro della Via Lattea

INTELLIGENZA ARTIFICIALE: IL PREMIO NOBEL PER LA FISICA 2024

Stefano Spagocci
stefanspag@gmail.com

Negli ultimi decenni il Premio Nobel per la Fisica ha spesso premiato ricerche in campo astrofisico: da quando è toccata a me la responsabilità del Bollettino GACB non ho mancato di segnalare tali Nobel. Il Premio Nobel per la Fisica 2024 è stato assegnato a John J. Hopfield e Geoffrey E. Hinton per le loro scoperte fondamentali che hanno reso possibile l'apprendimento automatico con reti neurali artificiali.

Non si tratta di fisica, se non in senso lato, ma l'intelligenza artificiale negli ultimi anni ha avuto un tale impetuoso sviluppo che non si poteva non dare un riconoscimento agli studiosi che più ne sono responsabili. Per le stesse ragioni mi è sembrato opportuno segnalare questo insolito Nobel, per quanto non si tratti di fisica o di astronomia.

IL CERVELLO

L'approccio all'intelligenza artificiale che ha avuto più successo, e che ultimamente è diventato sinonimo di intelligenza artificiale, è legato alle reti neurali. Cos'è una rete neurale? Si tratta, in ultima analisi, di un programma per computer che in qualche modo (in un modo alquanto approssimato) imita il funzionamento del cervello.

Il cervello è sostanzialmente un insieme di particolari cellule interconnesse, dette "neuroni". In Figura 1 mostriamo appunto la struttura di un neurone. La figura è estremamente dettagliata ma a noi basta sapere che un neurone comunica un impulso elettrico ai neuroni a cui è connesso, mediante il lungo filamento detto "assone". Un assone termina con altri filamenti, detti "dendriti". Ogni dendrite comunica con il dendrite di un altro neurone.

Un neurone riceve quindi impulsi elettrici da una pluralità di neuroni, con i quali è collegato. I collegamenti tra neuroni sono detti "sinapsi". Grazie a molecole dette "neurotrasmettitori", una sinapsi trasmette al neurone destinatario una frazione più o meno elevata del segnale che riceve dal neurone a cui è connesso.

La connessione tra due neuroni può quindi essere più o meno forte. Il neurone somma tutti gli impulsi che gli arrivano dai neuroni con i quali è connesso, ciascuno moltiplicato per la forza della relativa connessione. Se una tale somma (detta "pesata") supera un determinato valore di soglia, il neurone scarica, cioè emette un impulso elettrico che viaggia lungo l'assone e sarà poi trasmesso, con più o meno forza, ai neuroni connessi all'assone. Se invece la somma pesata non supera il valore di soglia, il neurone non scarica.

I ricordi sono immagazzinati nella forza delle sinapsi: un ricordo, dunque, è distribuito tra varie sinapsi e una singola sinapsi codifica parti di vari ricordi. Eventuali lettori ferrati in biologia mi

perdoneranno per l'approssimazione del discorso ma questo è quanto uno studente in intelligenza artificiale apprende riguardo al cervello ed è quanto, in anni ormai lontani, mi fu insegnato nel Master in Intelligenza Artificiale presso la Edinburgh University che ebbi il privilegio di poter frequentare.

LE RETI NEURALI

Le reti neurali (Figura 2) sono programmi di *computer* che simulano un insieme di neuroni. Ogni neurone è collegato ad altri neuroni e le relative connessioni hanno un peso, espresso da un numero compreso tra zero e uno. Il neurone riceve quindi in ingresso i segnali dagli altri neuroni, ciascuno moltiplicato per il peso della connessione, e li somma (un peso nullo per la connessione tra due neuroni significa che i neuroni non sono collegati).

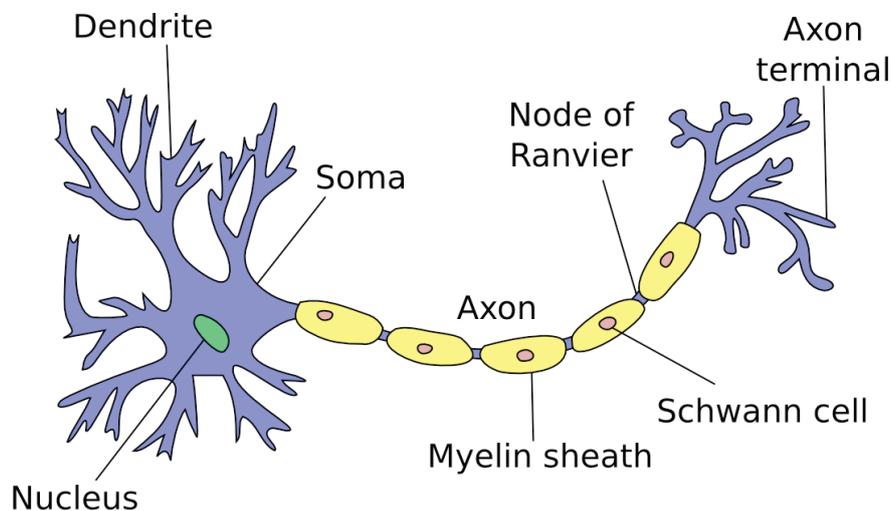


Figura 1 – Struttura di un neurone

Se la somma pesata delle connessioni supera un certo valore di soglia il neurone scarica, inviando un segnale ai neuroni con i quali è collegato. Se tale somma è inferiore al valore di soglia il neurone ovviamente non scarica.

In questa sede trattiamo solo le reti *feedforward* (“che propagano in avanti”) ma esistono anche reti dette “ricorrenti”. In una rete *feedforward* si ha uno strato di ingresso (*input layer*) che riceve i dati di *input*, come immagini, suoni o testo. Ci sono poi strati nascosti (*hidden layers*): sono gli strati intermedi dove avviene l'elaborazione dei dati. Ogni neurone in uno strato nascosto riceve *input* da ciascun neurone dello strato precedente, lo elabora attraverso una funzione di attivazione e lo trasmette ai neuroni dello strato successivo. Si ha infine uno strato di uscita (*output layer*) che produce il risultato finale, come una classificazione o una previsione.

Durante la fase di addestramento una rete neurale ottimizza i pesi delle connessioni, al fine di minimizzare l'errore tra la previsione e il valore reale, attraverso un processo chiamato “retro-propagazione” (*backpropagation*).

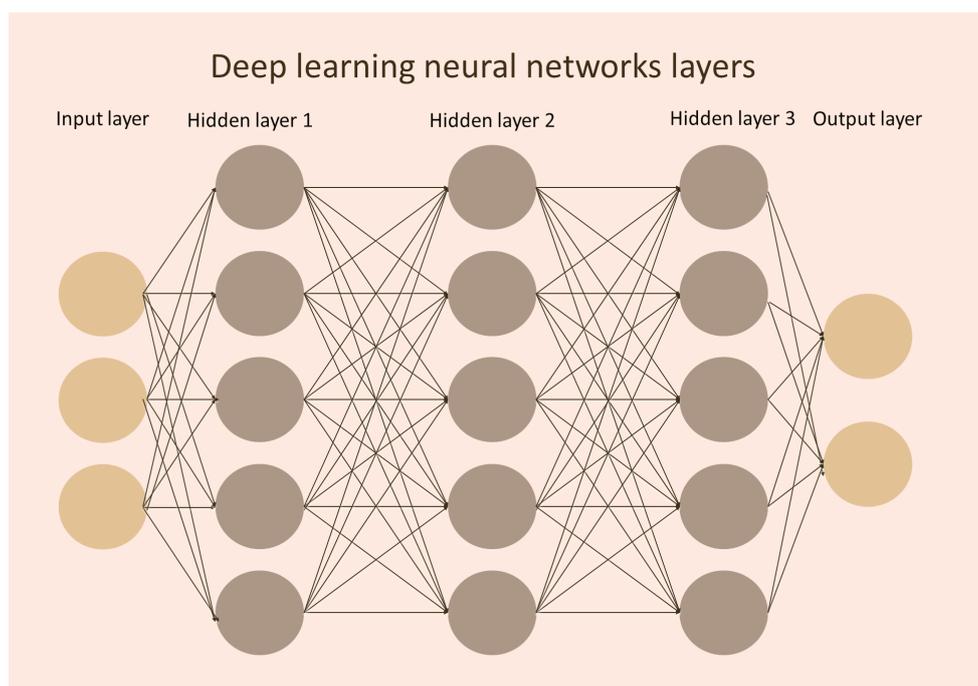


Figura 2 – Struttura di una rete neurale feedforward

L'APPRENDIMENTO

Le reti neurali apprendono per esperienza: al fine di comprendere il significato di una tale affermazione, consideriamo una rete *feedforward* cui sia assegnato il compito di riconoscere dei caratteri manoscritti. Nella fase di addestramento, alla rete sono presentate in *input* immagini digitalizzate delle lettere dell'alfabeto (parecchie immagini per ogni lettera) e in *output* un codice che indica di quale lettera si tratti.

Terminata la fase di apprendimento, la rete impara a classificare caratteri manoscritti: qualora in *input* le si fornisca l'immagine di una data lettera, essa emette in *output* il codice corrispondente alla lettera stessa, comunque essa sia scritta. Va però detto che le reti neurali, in ciò simili al cervello, non sono infallibili: il loro compito è svolto tanto meglio quanto più efficace è la fase di apprendimento la quale, nel caso che stiamo considerando, deve comprendere lettere scritte da individui con le più varie grafie.

IL DEEP LEARNING

Le reti neurali sono tornate in auge negli ultimi anni, essendo alla base dello spettacolare sviluppo del *deep learning* ("apprendimento profondo"), tecnologia che ha permesso la creazione di sistemi di intelligenza artificiale quali Chat GPT.

Chat GPT-3, la versione attualmente più evoluta di Chat GPT, ad esempio ha un numero impressionante di parametri, il che la rende uno dei modelli di linguaggio più grandi mai costruiti. La rete neurale che costituisce il cuore del sistema, infatti, ha 96 strati, ciascuno contenente 12288 neuroni e un totale di 175 miliardi di parametri (pesi, cioè, che sono stati ottimizzati nella fase di addestramento)!

Nelle Figure 3 e 4 si mostrano due esempi delle “miracolose” prestazioni di Chat GPT. Nella Figura 3 ho chiesto al sistema di dimostrare un teorema di teoria dei numeri che è stato correttamente dimostrato. Nella Figura 4 ho chiesto al sistema di scrivere una poesia sulla pioggia in autunno: il risultato mi sembra eccellente, a parte una parola fuori posto.

dimostrami che il prodotto di tre numeri consecutivi è divisibile per sei

Per dimostrare che il prodotto di tre numeri consecutivi è divisibile per 6, dobbiamo verificare che sia divisibile sia per 2 che per 3, poiché $6 = 2 \times 3$.

Sia n un numero intero qualunque. I tre numeri consecutivi sono n , $n + 1$ e $n + 2$. Consideriamo ora i seguenti casi:

1. Divisibilità per 2:

Tra tre numeri consecutivi, almeno uno sarà pari, perché i numeri pari e dispari si alternano. Un numero pari è sempre divisibile per 2.

2. Divisibilità per 3:

Tra tre numeri consecutivi, almeno uno sarà divisibile per 3. Questo è garantito dal fatto che ogni terzo numero è divisibile per 3.

Conclusione:

Il prodotto $n \times (n + 1) \times (n + 2)$ contiene un numero divisibile per 2 e uno divisibile per 3, quindi è divisibile per $2 \times 3 = 6$.

Questo dimostra che il prodotto di tre numeri consecutivi è sempre divisibile per 6.

Figura 3 – Un esempio delle prestazioni di Chat GPT: dimostrazione di un teorema

scrivi una poesia sulla pioggia in autunno

La pioggia d'autunno cade leggera,
come un sussurro che accarezza la sera.
Gocce danzanti sui vetri appannati,
raccontano storie di sogni velati.

I rami si piegano, spogli di fiori,
mentre il vento li veste di nuovi colori.
Le foglie cadute, tappeti dorati,
si abbandonano ai passi stanchi e segnati.

Nel cielo di nuvole, il sole si cela,
la terra respira un'aria più vela.
Ogni goccia che cade porta un respiro,
un canto d'autunno, un dolce sospiro.

E noi, tra la pioggia, ci lasciamo cullare,
come foglie nel vento, senza più parlare.

Figura 4 – Un esempio delle prestazioni di Chat GPT: composizione di una poesia

Sistemi quali Chat GPT ottengono brillanti prestazioni sia in campo umanistico che in campo scientifico, come credo di aver dimostrato. Tali sistemi, comunque, si comportano come un cervello umano in senso sia positivo che negativo. Del cervello umano, infatti, essi imitano la capacità di apprendere dall'esperienza ma, come il cervello, non sono infallibili: mentre entrambi i sistemi sono imbattibili nel trattare problemi ove siano coinvolte nozioni qualitative, quando si tratta di problemi ove siano coinvolte nozioni quantitative (calcoli) sono soggetti ad errori (che riescono di solito a correggere, qualora siano informati dell'errore commesso).



John J. Hopfield

Prize share: 1/2



Geoffrey Hinton

Prize share: 1/2

Figura 5 – I Premi Nobel per la Fisica 2024, conferiti a due pionieri delle reti neurali

ASTRO NEWS

Cristiano Fumagalli

ANCHE LA TERRA IN PASSATO HA AVUTO GLI ANELLI?

Circa 466 milioni di anni fa la Terra potrebbe aver avuto un sistema di anelli simile a quello posseduto oggi da Saturno, la cui presenza potrebbe aver contribuito al primo dei grandi eventi di estinzione di massa nella storia del nostro pianeta. È quanto suggerisce un nuovo studio condotto da tre ricercatori della Monash University.



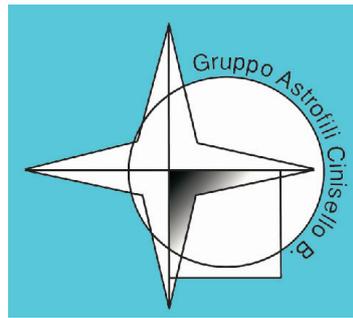
WEBB RIVELA STRATI INTRICATI DI POLVERE E GAS INTERSTELLARI

Un lampo di supernova ha illuminato del materiale altrimenti invisibile tra le stelle. Lo spazio tra le stelle è pieno di gas e polvere, a volte spessi, a volte sottili e spesso invisibili se non illuminati. Un riflettore cosmico sotto forma di lampo di supernova ha illuminato materiale interstellare nella costellazione di Cassiopea. Il telescopio spaziale James Webb della NASA sta mostrando agli astronomi nuovi dettagli, tra cui nodi, strati e nubi che sono probabilmente scolpiti da campi magnetici.



ANNO 2025, UN QUADRATO PERFETTO

Curiosità, il 2025 sarà un quadrato perfetto, 45^2 , il precedente è stato il 1936 (44^2) e il prossimo sarà l'irraggiungibile per noi 2116 (46^2). Niente di speciale, però è bello sapere di poter vivere quest'anno particolare in senso matematico!



G.A.C.B.

Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

Sede riunioni Ex scuola Manzoni Via Beato Carino 4 20092 Cinisello Balsamo (MI)

c/o dott. Fumagalli Cristiano via Trieste 20 20092 Cinisello Balsamo (MI)

e-mail: fumagallic@tiscali.it - Cell. 347 4268868 - Cell. 349 5116302 (Ven 21-23)

Sito: <http://gacb.astrofili.org>

Google: gacb_informa@googlegroups.com

FaceBook: Gruppo Astrofili Cinisello Balsamo

FaceBook: Osservatorio Astronomico Presolana

Osservatorio: Castione della Presolana - Località Lantana

Planetario: c/o Punto di Vista - Piazza Garibaldi, 18 Muggiò (MB)

Delegazione UAI per la provincia di Milano

GACB e membro di CieloBuio - Coordinamento per la protezione del Cielo Notturno

CONSIGLIO DIRETTIVO

Presidente - *Cristiano Fumagalli*

Vicepresidente - *Nino Ragusi*

Segretario - *Mauro Nardi*

Tesoriere - *Franco Vruna*

Consiglieri:

Stefano Spagocci

Sergio Brighel

SEZIONI

Astrofotografia

Cristiano Fumagalli - Matteo Morelli

Planetario

Nino Ragusi

Stelle variabili

Stefano Spagocci - Cristiano Fumagalli

Tecnica autocostruzione

Leonardo "Gianni" Vismara

Responsabile Bollettino - *Stefano Spagocci*

Impaginazione - *Nino Ragusi*