

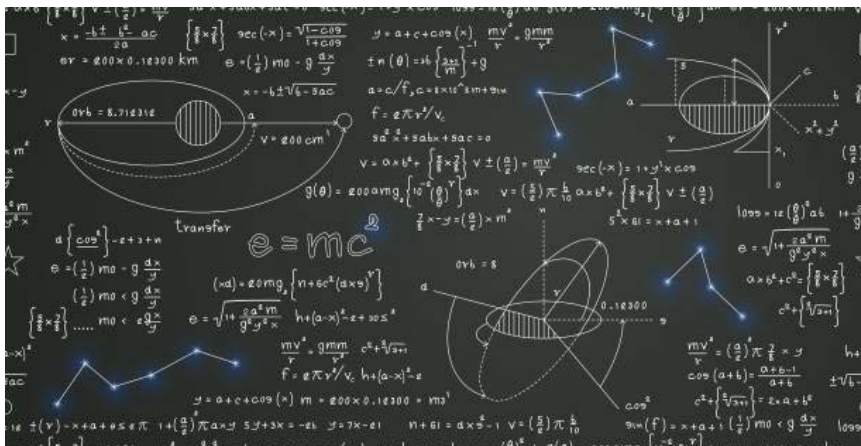
ASTRONOMIA



L'astronomia è la scienza che studia l'universo, compresi i corpi celesti come stelle, pianeti e galassie, e i fenomeni che vi si verificano. Utilizza l'osservazione scientifica e le leggi della fisica per analizzare l'origine, l'evoluzione e le proprietà di questi oggetti. Ha origini antichissime, spesso praticata fin dall'antichità per necessità come la navigazione e la comprensione dei cicli stagionali.

ASTRONOMIA

La cosmologia è lo studio scientifico dell'origine, evoluzione e struttura dell'universo nel suo complesso. Si basa sull'applicazione delle leggi fisiche osservate sulla Terra per comprendere il cosmo su larga scala, studiando fenomeni come l'espansione dell'universo, descritta dalla legge di Hubble, e la teoria del Big Bang. La cosmologia utilizza osservazioni astronomiche, come la radiazione cosmica di fondo e le onde gravitazionali, per formulare modelli che spieghino il comportamento dell'universo come un sistema unico e unificato.



L'astrofisica è la branca della fisica e dell'astronomia che utilizza i principi della fisica e della chimica per studiare l'Universo e i suoi componenti, come stelle, pianeti, galassie e buchi neri.

ASTRONOMIA



Telescopi



Radiotelescopio



Osservatorio astronomico di Napoli

ASTRONOMIA



Il telescopio spaziale James Webb

ASTRONOMIA

Il telescopio spaziale James Webb (in inglese James Webb Space Telescope, JWST, o semplicemente Webb) è un telescopio spaziale per l'astronomia a raggi infrarossi, lanciato il 25 dicembre 2021 dallo spazioporto di Arianespace a Kourou, nella Guiana francese, trasportato in orbita solare da un razzo Ariane 5. Il telescopio è il frutto di una collaborazione internazionale tra l'Agenzia spaziale statunitense (NASA), l'Agenzia spaziale europea (ESA) e l'Agenzia spaziale canadese (CSA). Diversamente da Hubble, Webb orbita intorno al Sole a 1,5 milioni di km dalla Terra

Il Telescopio James Webb è **il più grande telescopio spaziale** mai lanciato nello spazio: lo specchio del telescopio James Webb ha infatti un **diametro di 6,5 metri** (quello di Hubble è di 2,4 metri). raccoglie molta più luce di Hubble e, in questo modo, osserva anche oggetti nati poco dopo il Big Bang.

Gli astronomi sperano proprio in questo: vedere e studiare quello che c'era appena 150 milioni di anni dopo la nascita dell'Universo, un "momento" di cui non conosciamo nulla, se non da un punto di vista teorico.

Per osservare quegli oggetti il telescopio scandaglierà **nell'infrarosso**, perché la luce prodotta da quelle antiche stelle è stata "stirata" nel tempo a causa del loro allontanamento e oggi si possono appunto scoprire solamente nell'infrarosso, lunghezza d'onda ottimale anche per lo studio dei pianeti extrasolari.

Per lavorare nell'infrarosso, però, il telescopio dovrà essere molto freddo e perciò, nello spazio, dispiegherà un ombrello gigante per proteggersi dalle radiazioni solari.

Il telescopio si compone di **due parti fondamentali**: lo **specchio** e il corpo della sonda. Il primo è da record: la sua superficie, 7 volte quella di Hubble, permette al telescopio di raccogliere le poche manciate di fotoni che ci arrivano dall'universo primordiale. Realizzare, ma soprattutto spedire nello Spazio uno specchio così grande, è quasi impossibile. Per questo lo specchio è composto da 18 specchi esagoni di berilio rivestiti in oro.

Il corpo della sonda invece si compone di antenna per le comunicazioni, pannelli solari per ricaricare le batterie e propulsori per orientare il telescopio. E soprattutto dello scudo.

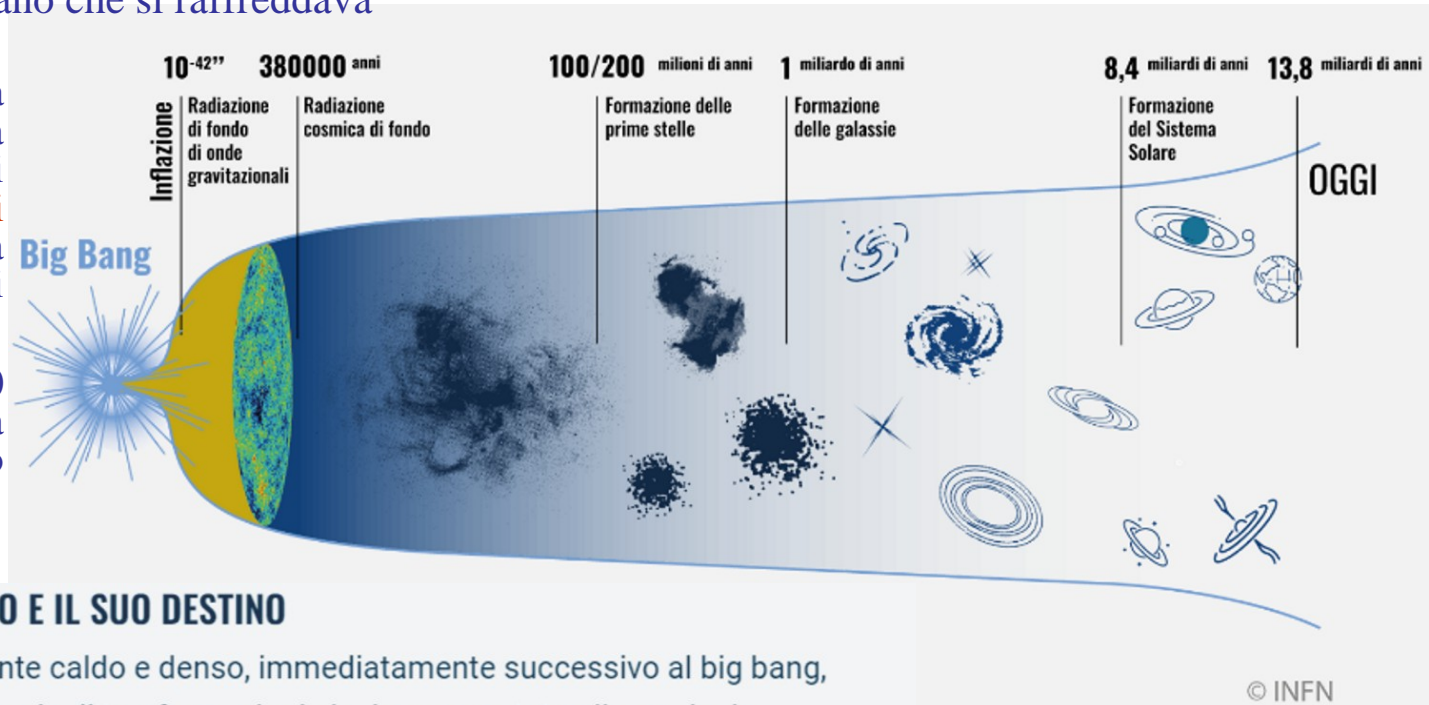
ASTRONOMIA

L'origine dell'Universo: la teoria del Big Bang

Il Big Bang è la teoria cosmologica che descrive la nascita e l'espansione dell'universo, iniziato circa 13,8 miliardi di anni fa da uno stato estremamente caldo e denso. Non si trattò di un'esplosione in uno spazio preesistente, ma dell'espansione dello spazio stesso, un evento che ha portato alla formazione di galassie, stelle e pianeti a mano a mano che si raffreddava.

La materia, tutta concentrata in un unico spazio, era presente nei suoi costituenti elementari: **protoni, neutroni ed elettroni** impossibilitati a formare un qualsiasi elemento.

Si stima che dopo circa 200 secondi dall'inizio della espansione si siano formati Idrogeno ed Elio.



L'EVOLUZIONE DELL'UNIVERSO E IL SUO DESTINO

Dallo stato iniziale estremamente caldo e denso, immediatamente successivo al big bang, l'universo ha attraversato una serie di trasformazioni che hanno portato alla graduale formazione di particelle, atomi, pianeti, stelle, galassie e strutture via via più complesse. Le varie fasi che hanno caratterizzato l'evoluzione dell'universo sono state ricostruite con grande precisione nel contesto del modello cosmologico standard, l'impalcatura teorica (fondata sull'ipotesi del big bang) che a oggi descrive nel modo più efficace e preciso la storia del cosmo. Tuttavia, restano sullo sfondo molti problemi aperti, su cui si concentrano le attuali ricerche teoriche e sperimentali nel campo della cosmologia. Per citarne solo alcuni, la natura della materia oscura, il cui ruolo è stato cruciale per la formazione delle prime galassie, e dell'energia oscura, associata all'osservazione di un'espansione accelerata dell'universo.

ASTRONOMIA

L'origine dell'Universo: la teoria del Big Bang

È forse bene chiarire prima che cosa si intende oggi per teoria del *Big Bang*. Essa non pretende di descrivere l'istante iniziale, ma è in grado di spiegare in che modo dalla fase ad alta densità e temperatura in cui si trovava l'universo nei primi secondi di vita si è arrivati all'universo che noi osserviamo.

Il successo più importante della teoria del *Big Bang* rimane comunque la spiegazione delle abbondanze degli elementi. Attorno al primo secondo di vita, l'universo era composto da protoni, neutroni, elettroni, fotoni, e neutrini. Per qualche minuto, finché temperatura e densità furono abbastanza elevate, una serie di reazioni nucleari portò alla formazione di nuclei di elio (due protoni e due neutroni legati dalle forze nucleari) e, in misura minore, di altri elementi leggeri. Le abbondanze previste dalla teoria del *Big Bang* sono in buon accordo con le osservazioni, che mostrano come l'elemento più diffuso nell'universo sia l'idrogeno (75%), seguito dall'elio, mentre gli elementi più pesanti rappresentano soltanto una frazione trascurabile della densità totale.

ASTRONOMIA

Alcune definizioni

Unità di misura delle distanze (lunghezza) in Astronomia

Le unità utilizzate sono due, l'Unità Astronomica (UA) per lo studio del sistema solare e l'Anno Luce per lo studio dell'universo

L'unità astronomica (UA) è l'unità di misura delle distanze astronomiche che corrisponde alla distanza media tra la Terra e il Sole, pari a circa **149,6 milioni di chilometri**. Viene utilizzata principalmente per misurare le distanze all'interno del sistema solare

Un anno luce è una unità di misura della distanza, non del tempo, che corrisponde alla distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un anno. Equivale a circa **9.460 miliardi di chilometri**. Gli astronomi lo usano per misurare le enormi distanze tra gli oggetti celesti

Le Stelle

Una stella **è un corpo celeste che brilla di luce propria**. Si tratta di uno sferoide di plasma che attraverso processi di fusione nucleare nel proprio nucleo genera energia, irradiata nello spazio sotto forma di radiazione elettromagnetica (luminosità), flusso di particelle elementari (vento stellare) e neutrini.

I Pianeti

Un pianeta è un corpo celeste che orbita attorno a una stella, ha una massa sufficiente per assumere una forma quasi sferica grazie alla gravità, e ha "ripulito" la propria orbita da altri oggetti di dimensioni paragonabili. I pianeti non producono energia attraverso la fusione nucleare come le stelle e sono luminosi solo perché **riflettono la luce della loro stella**.

ASTRONOMIA

I principali corpi nell'Universo

Corpi celesti del Sistema Solare

Stella:La nostra stella è il Sole, il corpo più grande del nostro sistema.

Pianeti:Si dividono in pianeti interni (Mercurio, Venere, Terra, Marte) e pianeti esterni (Giove, Saturno, Urano, Nettuno).

Satelliti:Corpi che orbitano attorno a un pianeta, come la Luna che orbita attorno alla Terra.

Pianeti nani:Corpi che non hanno "pulito" la loro orbita, come Plutone, Eris e Cerere.

Asteroidi:Corpi rocciosi che si trovano principalmente tra le orbite di Marte e Giove.

Comete:Corpi composti principalmente da ghiaccio e polvere, che spesso hanno orbite allungate.

Altri corpi e oggetti celesti

Galassie:Vasti sistemi formati da miliardi di stelle, gas, polveri e materia oscura, come la nostra Via Lattea.

Nubi di Oort e Fascia di Kuiper:Zone ai margini del Sistema Solare che ospitano molti oggetti ghiacciati.

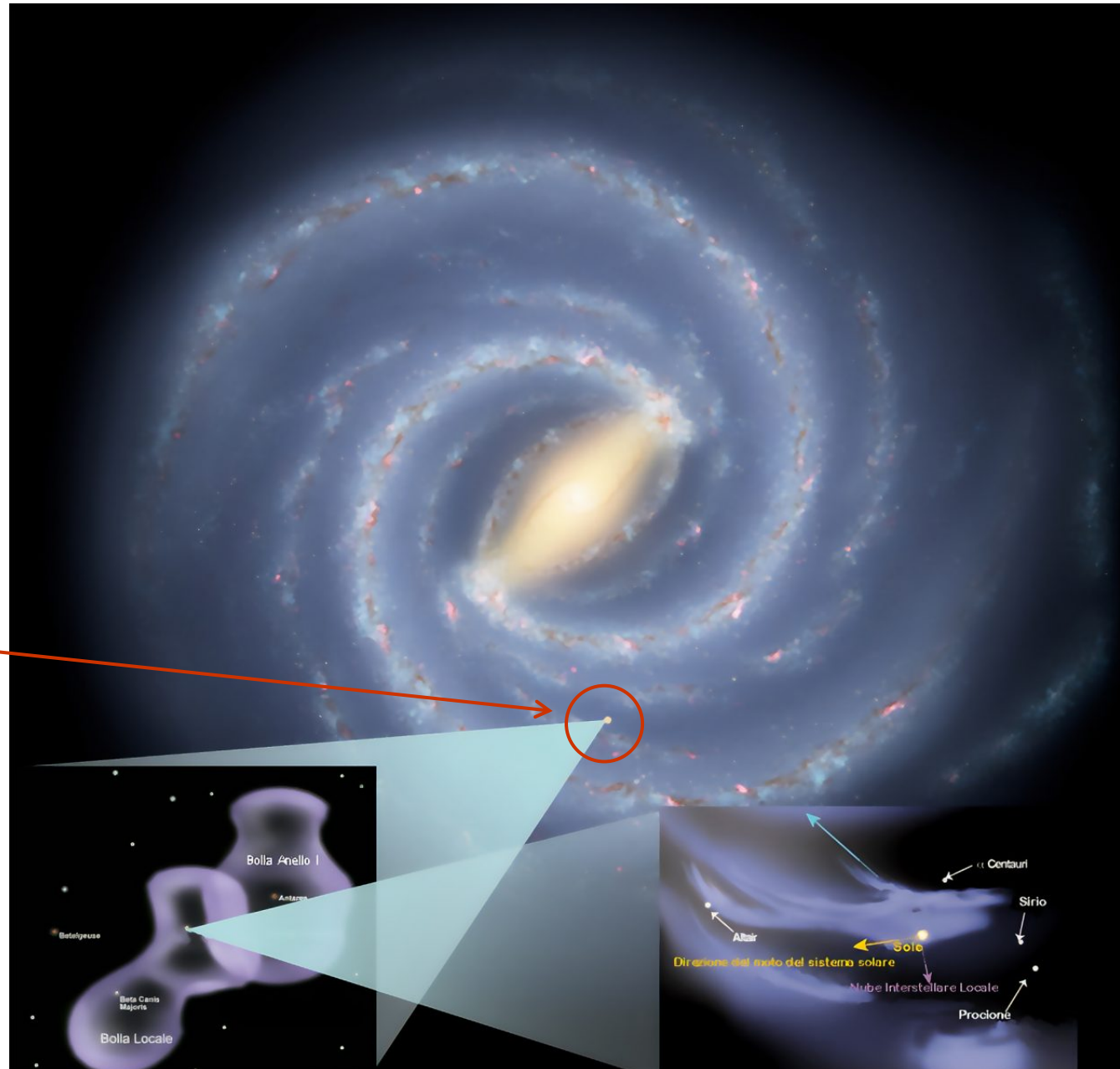
Nebulose:Vaste nubi interstellari di gas e polveri.

Ammassi stellari:Gruppi di stelle legate gravitazionalmente tra loro.

ASTRONOMIA

Il Sole (con il suo sistema planetario) nella via lattea, la sua galassia a forma di spirale

Il sole



ASTRONOMIA

Il sole

Il Sole ha un **diametro** di $1,4 \times 10^9$ m, all'incirca 110 volte quello della Terra. Inoltre, con la sua **massa** di circa 2×10^{30} kg, costituisce da solo **quasi la totalità della massa complessiva del Sistema Solare**, del quale è la stella madre.

In media, il Sole dista dalla Terra circa 149 milioni di chilometri. Tale distanza è nota in fisica con il nome di **unità astronomica**. In particolare, si ha:

$$1 \text{ au} = 149\,597\,870\,707 \text{ m}$$

Ovviamente, a seconda della distanza dal pianeta in questione, il Sole appare diverso. Nella **Figura 2** si può apprezzare un interessante confronto tra le dimensioni apparenti del Sole visto dai diversi pianeti del Sistema Solare.



Confronto tra le dimensioni apparenti del Sole visto dai pianeti del Sistema Solare.

ASTRONOMIA

Il sole

Il Sole, così come tutte le stelle, è uno sferoide di **plasma**, ovvero un gas ad alta temperatura e globalmente neutro composto da ioni ed elettroni liberi. In particolare, circa il 75% del Sole è composto da **idrogeno**, circa il 23% da atomi di **elio**, mentre il restante 2% è dato da alcuni **metalli più pesanti**, in particolar modo **ossigeno** e **carbonio**.

La definizione più semplice che si può dare di “stella” è quella di un **corpo celeste che brilla di luce propria**. Ma da dove proviene la luce di una stella? All’interno del nostro Sole, così come nelle altre stelle della Via Lattea e dell’Universo, avvengono dei processi di **fusione nucleare** che liberano una **grande quantità di energia**, parte della quale viene irradiata nello spazio in forma di **radiazione elettromagnetica**.

Nello specifico, la fusione nucleare si ha quando **nuclei relativamente leggeri si scontrano e si fondono in nuclei più pesanti**: all’interno del Sole, **i nuclei di idrogeno vengono convertiti in elio**, e questo processo continuerà ancora per miliardi di anni.

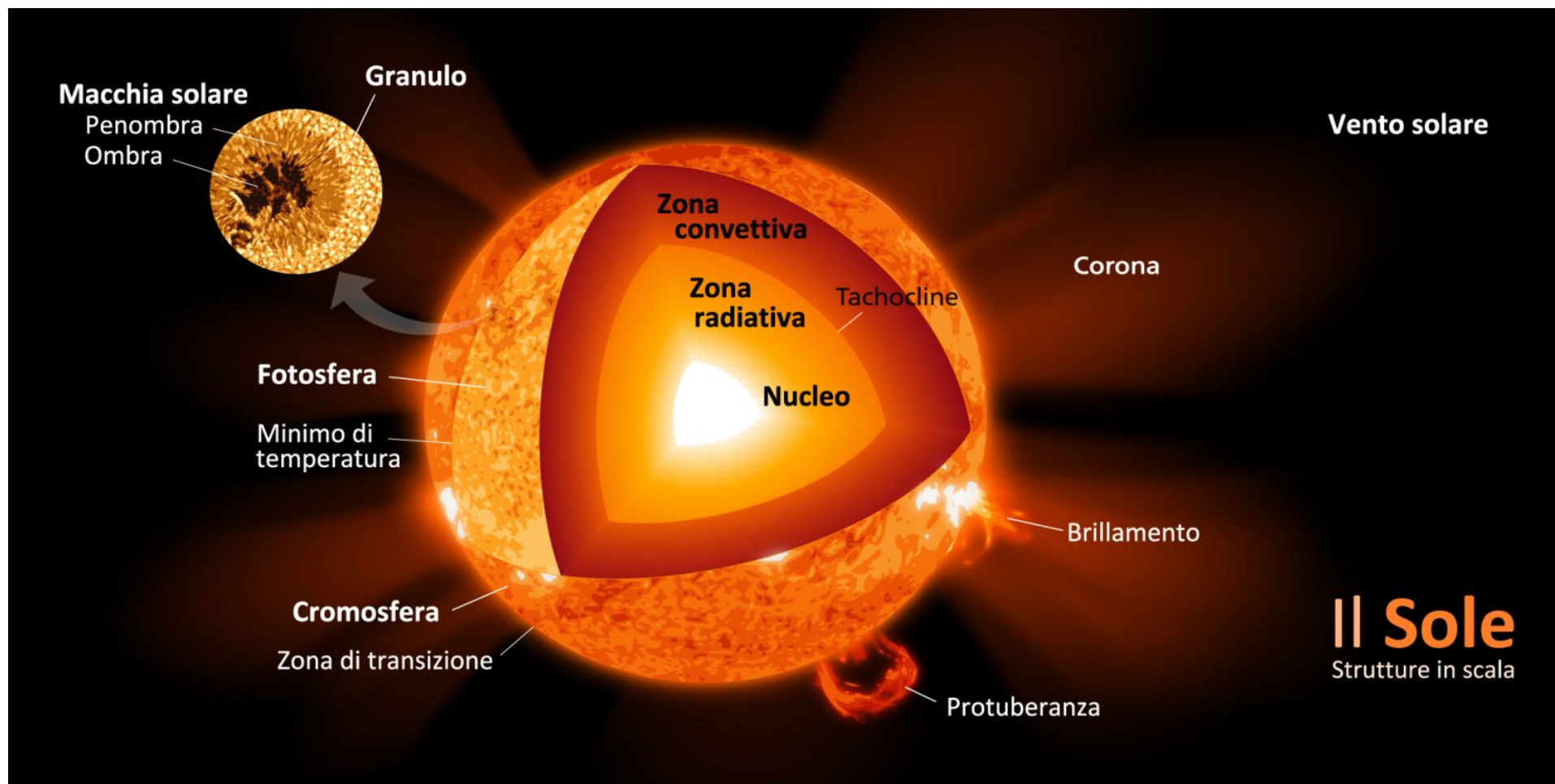
Per comprendere a fondo i meccanismi che regolano la vita del Sole è fondamentale conoscere la sua struttura. Oggi sappiamo che la **struttura interna** del Sole **[Figura 3]** si compone di più **strati concentrici**, ognuno dei quali presenta delle caratteristiche fisiche precise che lo differenziano dagli altri. In particolare, partendo dal suo centro, troviamo i seguenti strati.

– Nucleo

Il nucleo è la parte più interna del Sole, presenta una densità di circa $150\,000\text{ kg/m}^3$ e una temperatura di circa $13.600.000\text{ K}$. Sono proprio queste **condizioni fisiche estreme che rendono possibili le reazioni nucleari** che abbiamo citato in precedenza: nel nucleo del Sole, dunque, viene prodotta e liberata l’energia che giunge alla Terra e permette la vita.

ASTRONOMIA

Il sole

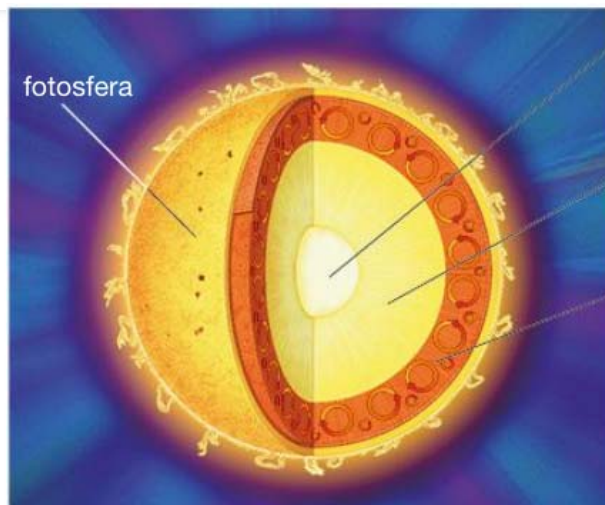


► Com'è fatto il Sole

Il Sole è composto di gas, soprattutto di idrogeno ed elio, che insieme rappresentano il 98% della sua massa. A causa dell'enorme temperatura, questi gas si trovano allo stato di *plasma*, cioè sotto forma di ioni e di elettroni indipendenti gli uni dagli altri.

Il Sole ha una densità media molto bassa ($1,4 \text{ g/cm}^3$), un po' superiore a quella dell'acqua, che è di 1 g/cm^3 , e inferiore a quella della Terra, che è di $5,5 \text{ g/cm}^3$. La struttura interna del Sole è descritta dal modello illustrato nella FIGURA 1.

- La parte più interna del Sole è chiamata **nucleo**. Al suo interno avvengono le reazioni di **fusione termonucleare**, che consistono nella fusione di due nuclei di idrogeno per formarne uno di elio. Queste reazioni sono rese possibili dalle alte temperature del nucleo solare, di circa 14 milioni di gradi, e rilasciano una grande quantità di energia che poi viene trasportata verso l'esterno.
- Intorno al nucleo si trova la **zona radiativa**, che riceve l'energia prodotta dalle reazioni nucleari che avvengono nel nucleo e la trasmette allo strato più esterno sotto forma di radiazioni elettromagnetiche.
- Lo strato più esterno è la **zona convettiva**, chiamata così perché è sede di moti convettivi che trasportano l'energia fino in superficie. Questi moti formano sulla superficie del Sole dei *granuli* più luminosi, che compaiono e scompaiono in continuazione e che ricordano, nel loro insieme, l'aspetto delle superfici dei fluidi riscaldati dal basso (FIGURA 2a). Nel complesso, la superficie granulare della zona convettiva è chiamata **fotosfera**. La fotosfera è la parte che in condizioni normali vediamo dalla Terra.
- Sulla fotosfera si formano le **macchie solari**, zone scure, meno luminose e meno calde. Spesso sono disposte a gruppi e si distinguono nettamente dalle regioni circostanti (FIGURA 2b). Le macchie solari si formano periodicamente, per una durata di qualche giorno, e spesso sono visibili a occhio nudo (con le necessarie protezioni) all'alba o al tramonto.



Nucleo

- raggio: circa 150 000 km
- sede delle reazioni nucleari
- produzione di energia

Zona radiativa

- spessore: circa 450 000 km
- trasmissione dell'energia prodotta nel nucleo

Zona convettiva

- spessore: circa 100 000 km
- flussi convettivi di materia calda con trasporto rapido di energia verso l'esterno

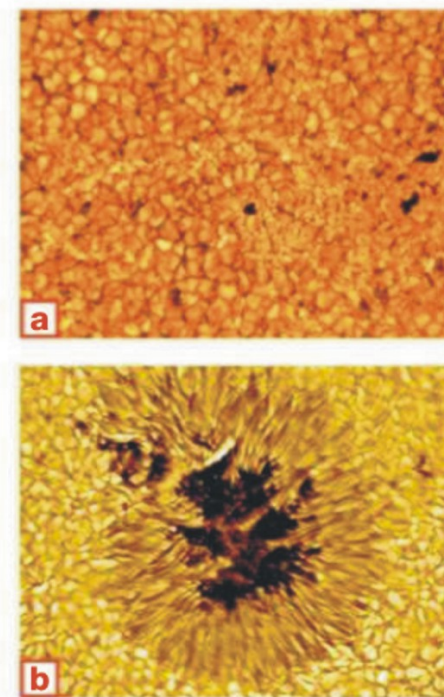


FIGURA 2

- a** I granuli della fotosfera, del diametro di un migliaio di chilometri.
b Macchie solari fra i granuli della fotosfera.

Al di sopra della fotosfera inizia l'*atmosfera solare*, che è formata dalla cromosfera e dalla corona solare.

- La **cromosfera** ha un colore roseo e una temperatura di circa 10 000 °C. Il suo bordo esterno è irregolare, perché da esso si alzano getti fiammeggianti di idrogeno, chiamati **spicole**, e getti ancora più grandi che si innalzano come pennacchi, chiamati **protuberanze**. Le protuberanze possono raggiungere altezze di oltre 300 000 km (FIGURA 3a) e alcune di esse sono visibili nel corso delle eclissi.
- La **corona solare** è la parte più esterna dell'atmosfera solare. È costituita di gas ionizzati (cioè allo stato di plasma) e ha una temperatura di uno o due milioni di gradi, molto più alta di quella della cromosfera. La corona solare è meno luminosa della fotosfera ed è possibile osservarla solo durante le eclissi totali, quando la fotosfera è nascosta dalla Luna (FIGURA 3b).

Dalla corona solare ha origine il **vento solare**, un flusso di particelle cariche, soprattutto protoni ed elettroni, che si allontanano in tutte le direzioni fino a raggiungere il limite del Sistema solare. Investendo la Terra, queste particelle possono disturbare le trasmissioni radio; possono anche dare origine alle *aurore polari*, gli spettacolari fenomeni luminosi visibili alle alte latitudini.

► **Le macchie solari e i loro effetti sulla Terra** Le macchie solari sono regioni della fotosfera che si distinguono per la temperatura più bassa e per la maggiore intensità dell'attività magnetica; si formano quasi sempre in gruppi, che si ingrandiscono e poi si estinguono (rivedi FIGURA 2b). In alcuni casi le macchie raggiungono dimensioni superficiali anche 10 volte superiori rispetto a quelle della Terra (FIGURA 4).

Il numero delle macchie sulla superficie del Sole non è costante, ma varia secondo un ciclo (non strettamente regolare) che si ripete ogni 11 anni.

Le macchie solari generano campi magnetici fino a 10 000 volte più intensi di quello terrestre e sono una manifestazione dell'attività solare: più numerose sono le macchie, maggiore è la quantità di energia e di particelle che il Sole emette nello spazio.

Nei periodi di massima attività solare il campo magnetico terrestre è soggetto a intense perturbazioni (tempeste magnetiche) e sulla Terra arriva un flusso molto abbondante di particelle cariche, che dà origine a molte aurore polari. Si ritiene, inoltre, che il ciclo undecennale dell'attività solare abbia un'influenza sul clima terrestre e molti studiosi sono oggi impegnati a scoprire con precisione in che modo.

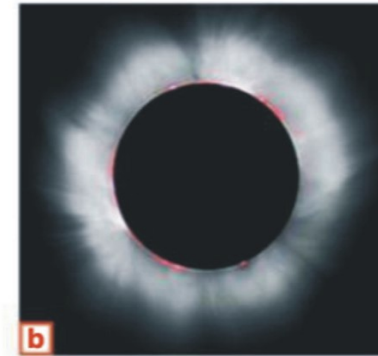
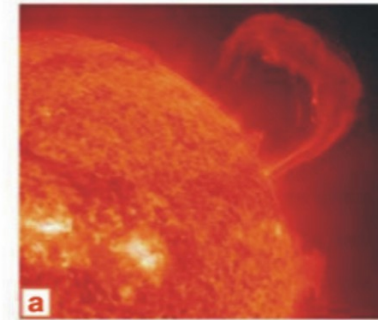
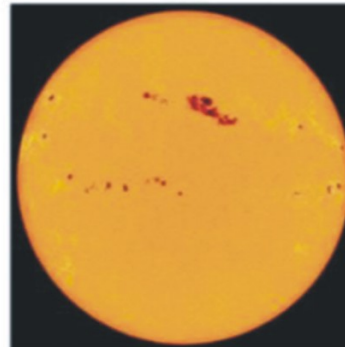


FIGURA 3

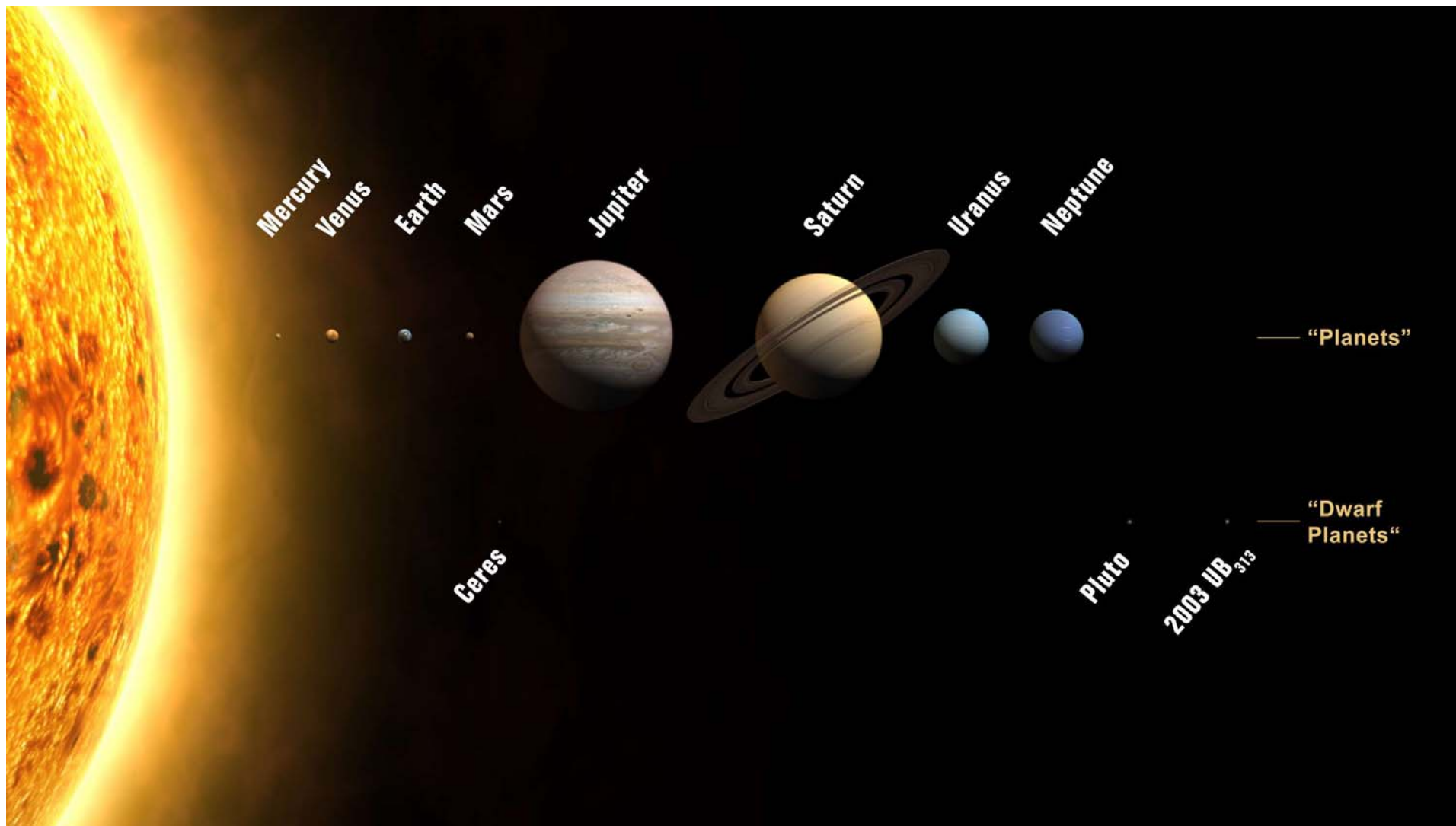
a Le protuberanze solari sono lingue di gas luminose.

b La corona solare appare più rarefatta man mano che ci si allontana dal Sole.

FIGURA 4 Il gruppo di macchie solari più grande visibile nella fotografia si estende su una superficie 10 volte maggiore di quella terrestre.

ASTRONOMIA

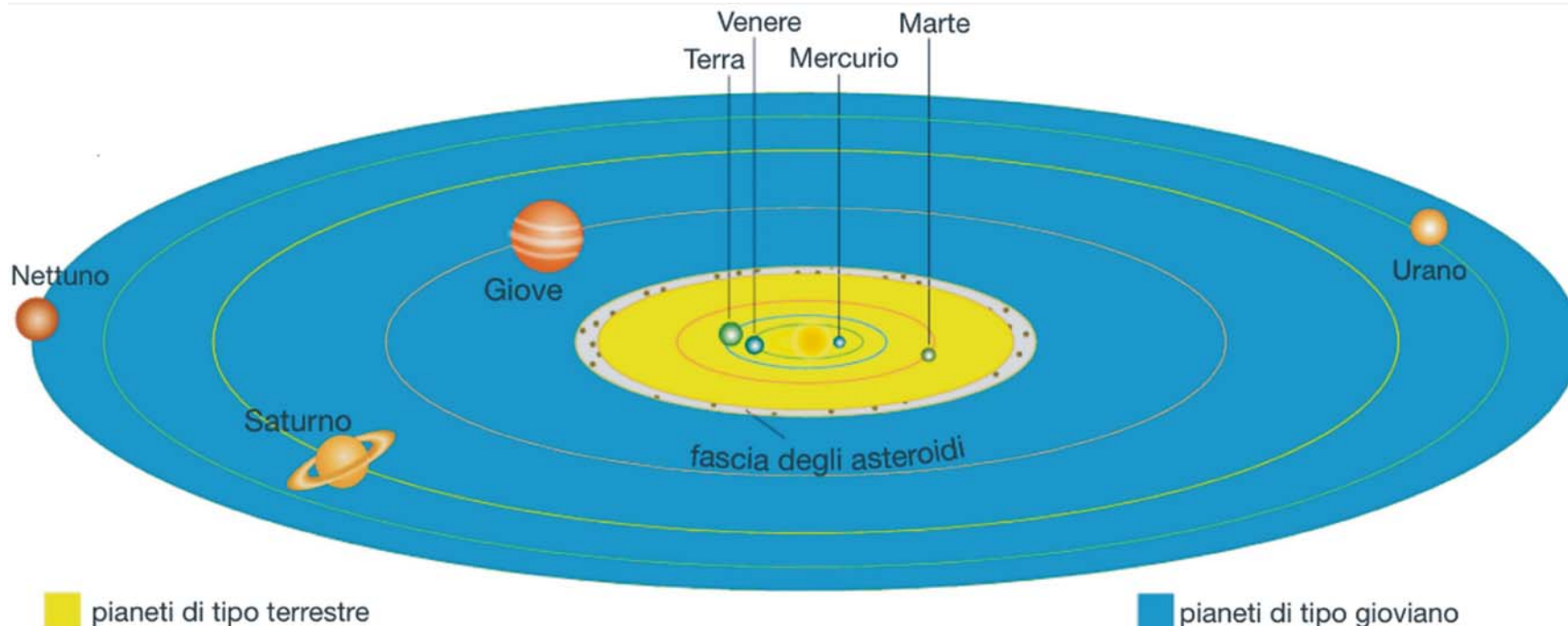
I pianeti del sistema solare riprodotti in scala



ASTRONOMIA

Il sistema solare: i pianeti

I pianeti del sistema solare si possono suddividere in due gruppi: quelli simili alla Terra detti **di tipo terrestre** (o **rocciosi**) e quelli simili a Giove detti **di tipo gioviano** (o **giganti**)



Mercurio, Venere, Terra e Marte

Caratteristiche dei **pianeti di tipo terrestre**

- Si trovano nella parte interna vicino al Sole
- Hanno tutti una superficie rocciosa
- hanno una densità media intorno a 5 g/cm^3
- Sono più piccoli con diametri da 5.000 a 12.700 km
- Non hanno satelliti eccetto Terra (1) e Marte (2)

Giove, Saturno, Urano e Nettuno

Caratteristiche dei **pianeti di tipo gioviano**

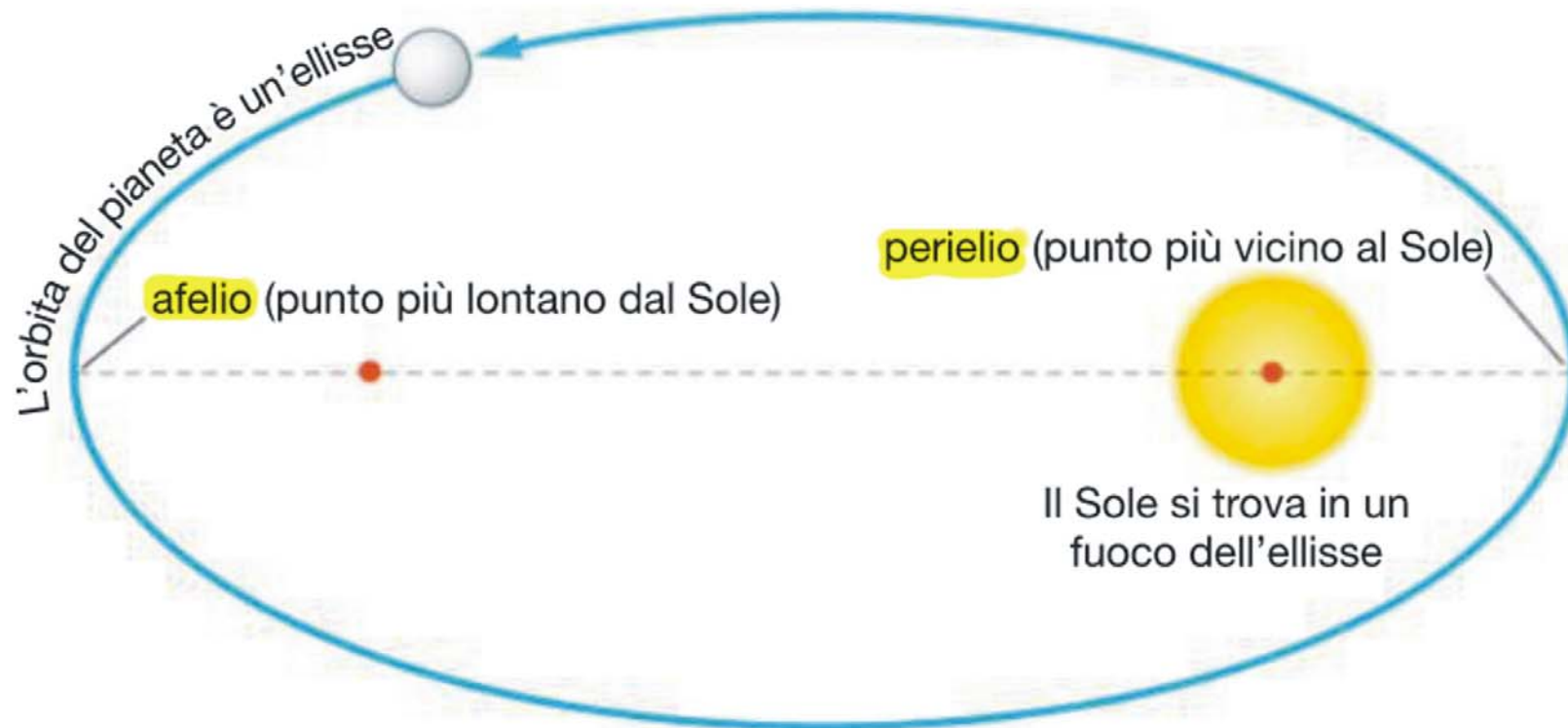
- Si trovano nella parte esterna lontano dal Sole
- Hanno tutti una superficie gassosa o ghiacciata
- hanno una densità media intorno a $1,5 \text{ g/cm}^3$
- Sono “giganti” con diametri da 50.000 a 143.000 km
- Hanno tutti i satelliti, da 14 (Nettuno) a 67 (Giove)

ASTRONOMIA

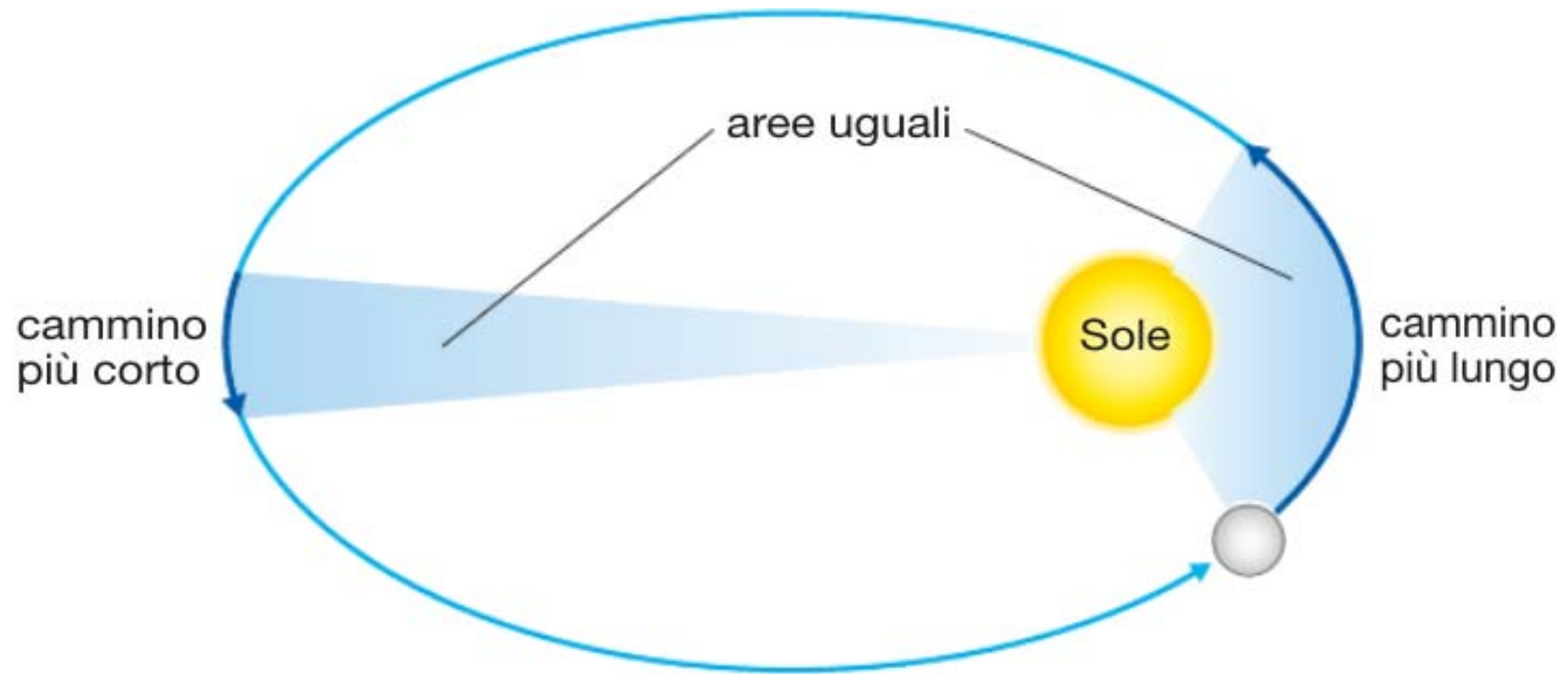
Le Leggi di Keplero

Il moto dei pianeti è regolato dalle **leggi di Keplero**, formulate dall'astronomo tedesco Johannes Kepler (1571-1630). Sono tre e sono riportate enunciate in modo semplificato.

- **I legge di Keplero:** ogni pianeta compie un moto di rivoluzione intorno al Sole, lungo un'orbita ellittica di cui il Sole occupa uno dei due fuochi. Di conseguenza, un pianeta si troverà a distanze variabili dal Sole durante il suo moto di rivoluzione.

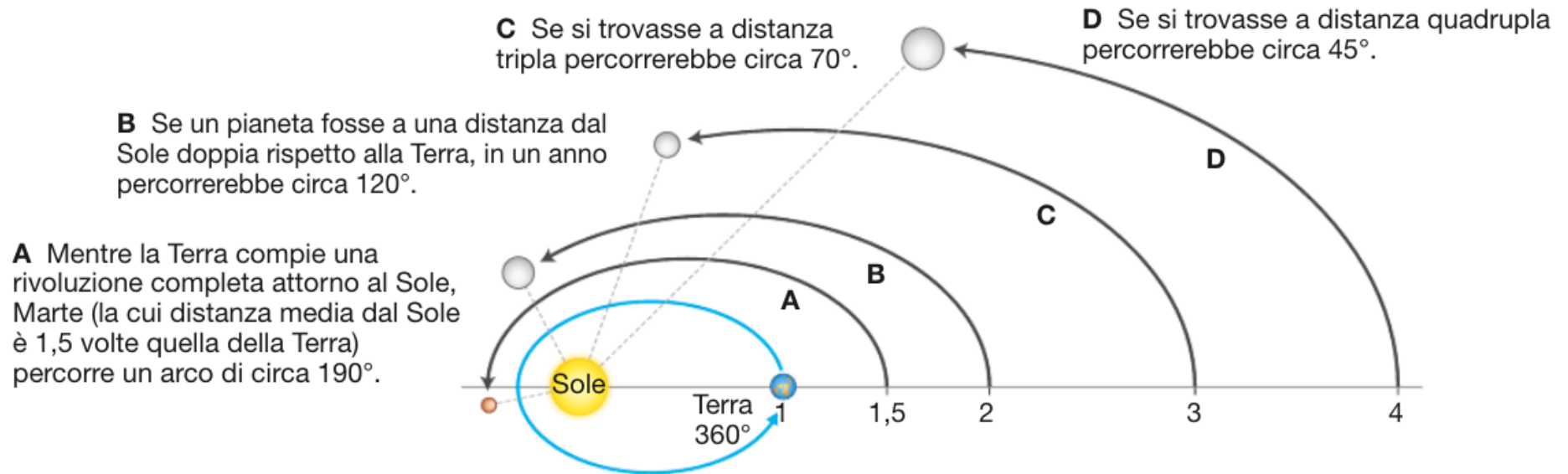


Il Legge di Keplero



Mentre un pianeta si muove lungo la sua orbita, il segmento che lo congiunge al Sole descrive aree uguali in tempi uguali

III Legge di Keplero

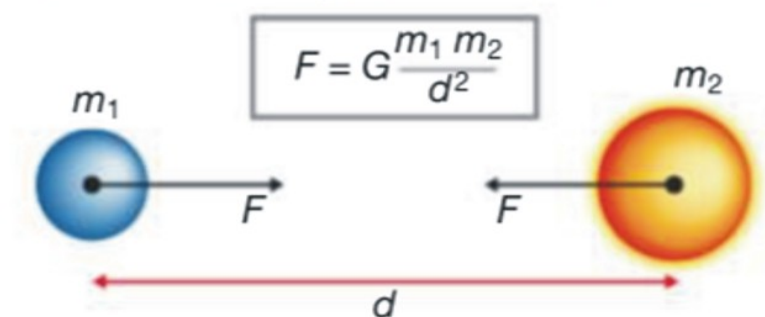


Più l'orbita di un pianeta è lontana dal Sole, più il suo moto di rivoluzione è lento

	dis.Sole	Circonf.	Anni	Tempo (s)	Velocità
Terra	150.000.000	942.000.000	1,00	31.536.000	29,87
Marte	228.000.000	1.431.840.000	1,88	59.356.800	24,12
Giove	778.400.000	4.888.352.000	11,90	374.284.800	13,06
Saturno	1.427.000.000	8.961.560.000	29,50	928.800.000	9,65

► **La legge della gravitazione universale** Ogni corpo attrae ogni altro corpo con una forza chiamata **forza di gravità**, che dipende dalle masse e dalla distanza reciproca dei corpi: più grandi sono le masse, più intensa è la forza di gravità; maggiore è la distanza reciproca, minore è la forza di gravità.

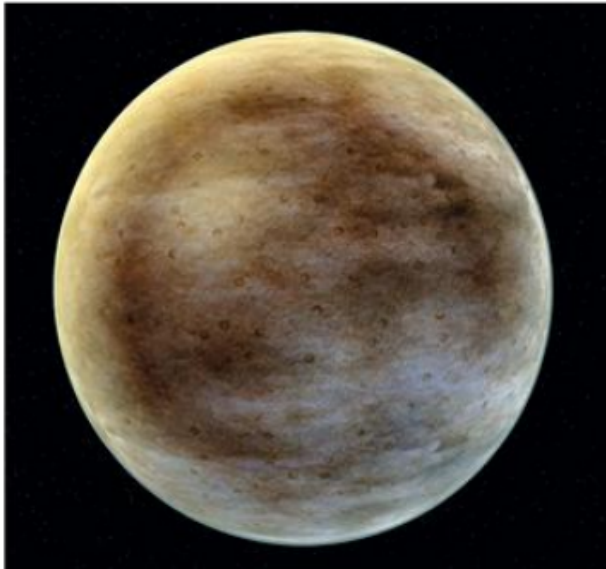
Più precisamente, la forza F di attrazione gravitazionale fra due corpi è direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza, secondo la formula:



dove G è un valore costante, m_1 ed m_2 sono le masse e d è la distanza.

Tale relazione è chiamata **legge della gravitazione universale** ed è stata formulata da **Isaac Newton** (1642-1727). Da essa discendono le tre leggi di Keplero.

Pianeti di tipo terrestre



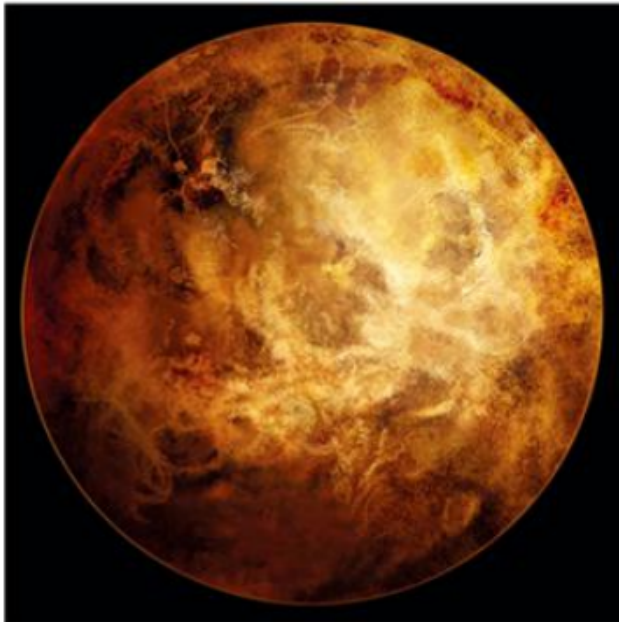
Mercurio

Raggio medio: 2439,64 km

Distanza media dal Sole: 57 909 175 km

È il pianeta più vicino al Sole. Dalla Terra è visibile a occhio nudo entro un'ora dal tramonto o prima dell'alba. Non ha atmosfera e, come la Luna, presenta molti crateri da impatto. Ha un'escursione termica molto ampia (più di 400 °C di giorno e -175 °C di notte).

Pianeti di tipo terrestre



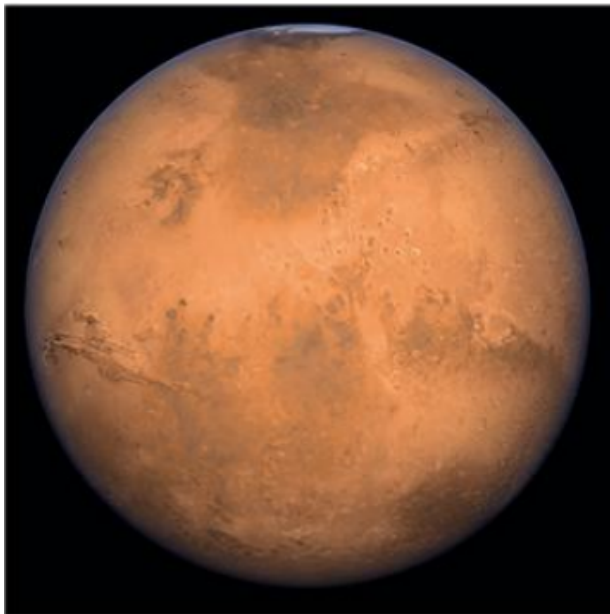
Venere

Raggio medio: 6051,59 km

Distanza media dal Sole: 108 208 930 km

Visto dalla Terra, Venere è il corpo celeste più luminoso dopo il Sole e la Luna. Si trova fra Mercurio e la Terra ed è il pianeta più vicino a noi, facilmente osservabile a occhio nudo subito dopo il tramonto o prima dell'alba. Ha un'atmosfera molto densa, formata per il 97% da anidride carbonica. Questo gas provoca un forte effetto serra e fa sì che la temperatura superficiale del pianeta salga fino a 480 °C, sia di giorno sia di notte. Il suolo di Venere è sferzato da venti molto forti e nella sua atmosfera si formano nubi e vortici.

Pianeti di tipo terrestre



Marte

Raggio medio: 3397,00 km

Distanza media dal Sole: 227 936 640 km

È noto come il «pianeta rosso», perché dalla Terra ci appare di questo colore. Possiamo vederlo a occhio nudo, ma di esso abbiamo anche molte immagini riprese dalle navicelle che lo hanno raggiunto. Il suo colore è dovuto al ferro, che nei campioni di rocce marziane esaminati rappresenta il 20% della composizione. Marte ha un'atmosfera composta principalmente di anidride carbonica, molto meno densa di quella di Venere. Su di esso non è stata rilevata alcuna attività sismica; tuttavia deve esserci stata molta attività nel passato, come testimonia la presenza del più grande vulcano del Sistema solare, chiamato Monte Olimpo. Intorno a Marte orbitano due piccole lune, di forma irregolare: *Phobos* e *Deimos*.

Pianeti di tipo gioviano



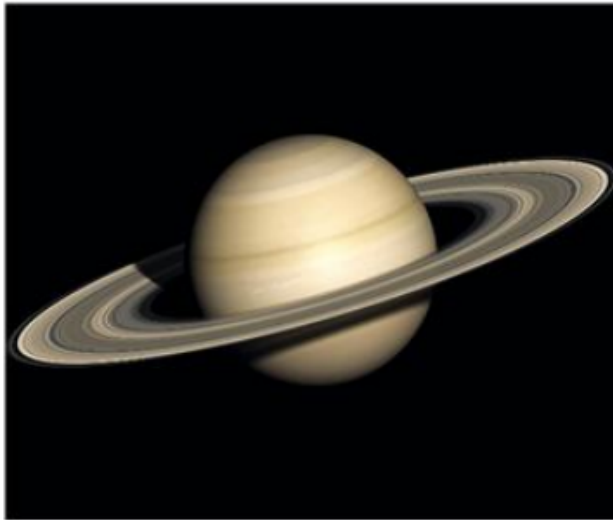
Giove

Raggio medio: 71 492,68 km

Distanza media dal Sole: 778 412 010 km

È il pianeta più grande del Sistema solare, ha una massa superiore a quella di tutti gli altri pianeti messi insieme e dalla Terra è visibile a occhio nudo. Al telescopio si distinguono su di esso una serie di striature e una «macchia rossa», grande più della Terra, che corrisponde a un vortice della sua atmosfera (presente da più di tre secoli). Giove ha un piccolo nucleo solido e ha un forte campo magnetico. Questo pianeta è considerato una stella mancata: se avesse avuto una massa 10 volte maggiore, nel suo nucleo si sarebbero innescate le reazioni di fusione termonucleare, ma anche senza tali reazioni esso produce una grande quantità di energia ed emette più del doppio dell'energia che riceve dal Sole. Intorno a Giove gravitano ben 67 satelliti. I più importanti, scoperti da Galileo Galilei (1564-1642), sono: *Io*, *Europa*, *Ganimede* e *Callisto*.

Pianeti di tipo gioviano



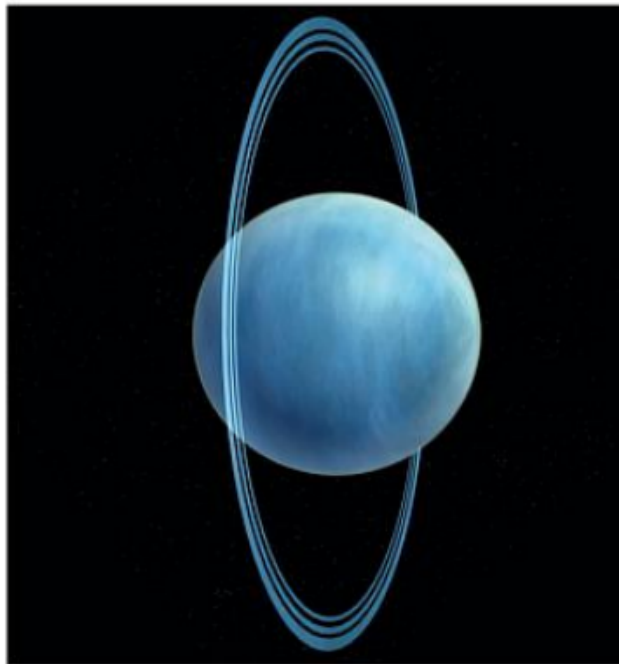
Saturno

Raggio medio: 60 267,14 km

Distanza media dal Sole: 1 426 725 400 km

È molto riconoscibile a causa dei caratteristici anelli, costituiti di ghiaccio e piccoli frammenti di roccia. È il secondo pianeta per dimensioni, e anch'esso è visibile a occhio nudo. Come Giove, produce ed emette più energia di quella che riceve dal Sole. La sua atmosfera forma delle striature causate dall'alta velocità di rotazione e anche questa caratteristica lo accomuna a Giove. Saturno possiede 62 satelliti, il più grande dei quali è *Titano*, l'unico satellite del Sistema solare ad avere un'atmosfera.

Pianeti di tipo gioviano



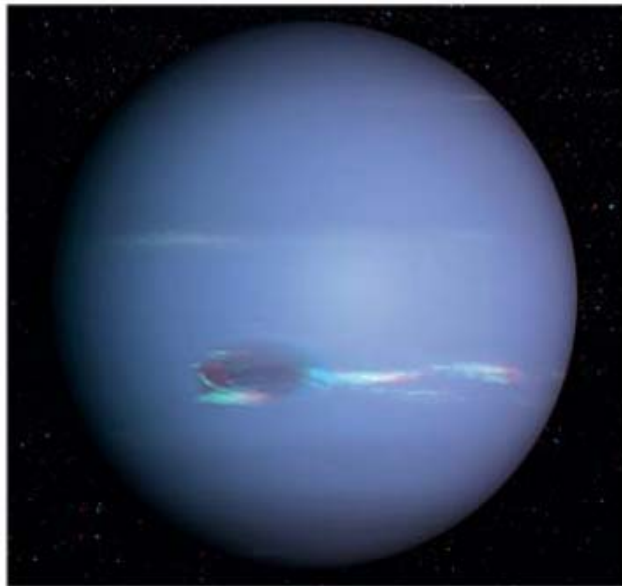
Urano

Raggio medio: 25 557,25 km

Distanza media dal Sole: 2 870 972 200 km

È un pianeta di grandi dimensioni, che però non è visibile dalla Terra a occhio nudo. Le sue caratteristiche e la sua composizione sono simili a quelle di Giove e Saturno, ma ha la particolarità di ruotare intorno a un asse molto inclinato, che giace quasi sul piano dell'orbita. Possiede 27 satelliti ed è circondato da sottili anelli.

Pianeti di tipo gioviano



Nettuno

Raggio medio: 24 766,36 km

Distanza media dal Sole: 4 498 252 900 km

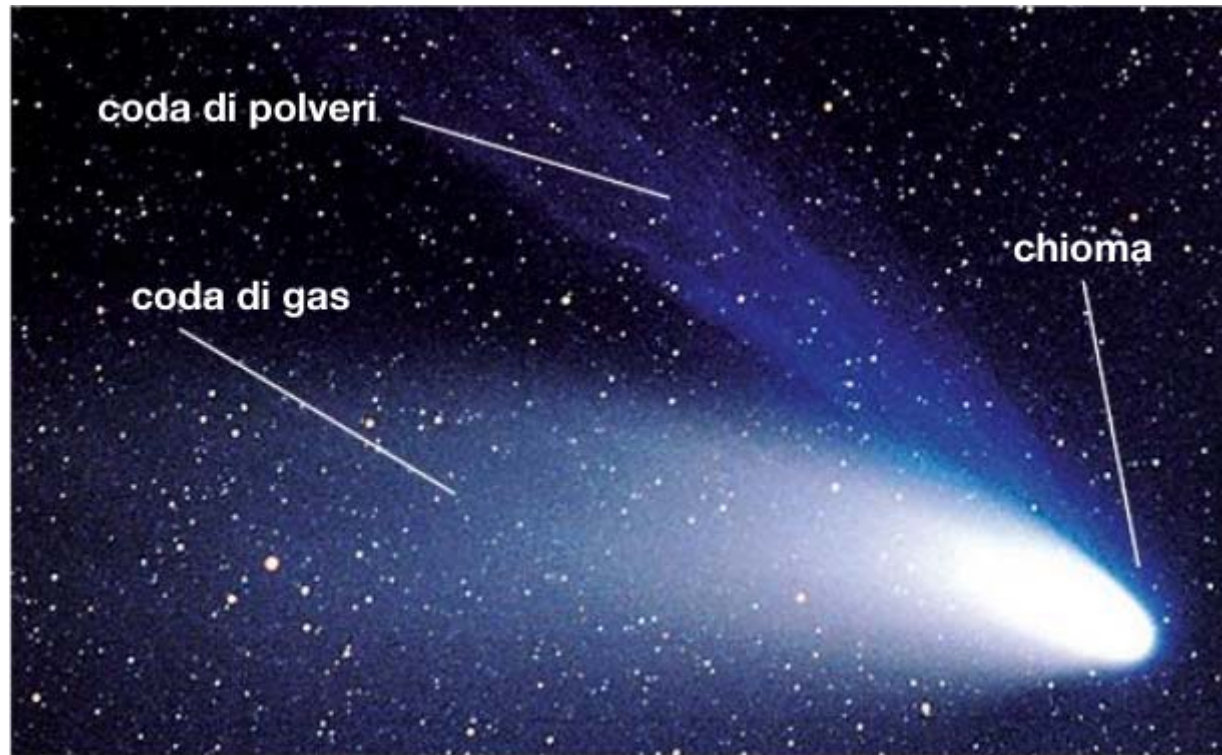
Ha dimensioni paragonabili a quelle di Urano e anch'esso non è visibile a occhio nudo dalla Terra. Prima che questo pianeta fosse osservato al telescopio, nel 1846, la sua esistenza fu prevista mediante calcoli matematici, fatti per spiegare certe perturbazioni del moto di Urano e basati sulla legge di Newton. Nettuno ha un'atmosfera e possiede 14 satelliti.

La Fascia di Kuiper e la Nube di Oort



Oltre l'orbita di Nettuno ci sono miliardi di piccoli corpi solidi raggruppati in due zone, la Fascia di Kuiper, più interna, e la Nube di Oort, più esterna

Le comete



Le comete contengono acqua, metano, ammoniaca e anidride carbonica congelati, frammenti di metalli e di rocce; provengono dalla Fascia di Kuiper e dalla Nube di Oort

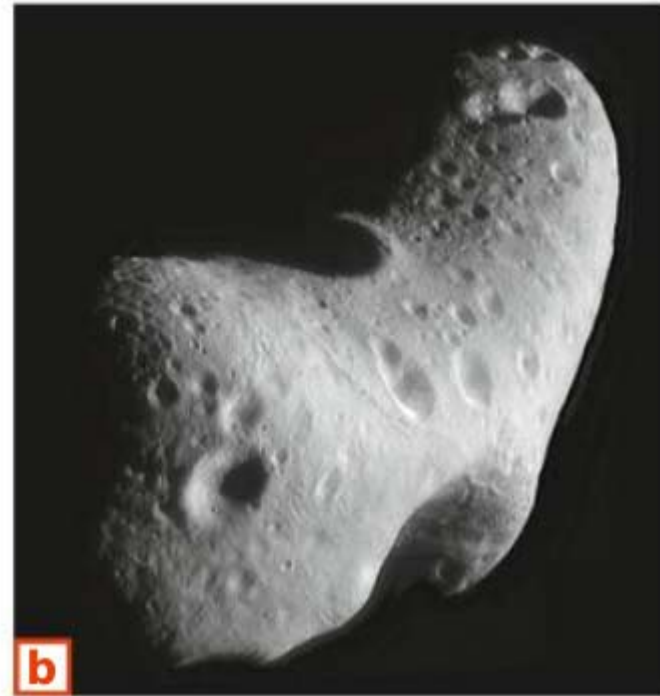
I meteoriti



I meteoriti, nonostante siano erosi dall'atmosfera, riescono a raggiungere la superficie della Terra dove possono formare anche dei grandi crateri

Nell'immagine il Meteor Crater è uno dei crateri da impatto meglio conservati sulla Terra. Si è formato circa 50,000 anni fa per l'impatto di un ferro meteorite e si trova vicino a Winslow, in Arizona.

Gli asteroidi



Gli asteroidi sono dei corpi rocciosi di forma irregolare che orbitano tra Marte e Giove; la loro massa complessiva è inferiore a quella della Luna; (a) Cerere (b) Eros