

Uno dei bracci della nostra Galassia contiene una stella di media grandezza, il **Sole**, attorno a cui orbitano diversi corpi celesti: pianeti, satelliti, asteroidi, comete, frammenti di varie dimensioni. L'insieme di tutti questi corpi costituisce il **Sistema solare**, che ha la

forma di una nube sferica con un diametro di circa 3 anni luce (circa 30 000 miliardi di chilometri). Il Sole e il sistema dei pianeti sono al centro della nube, dove ruotano in uno spazio a forma di disco. Il Sistema solare ha iniziato a formarsi **4,5 miliardi di anni fa**.

1 I corpi del Sistema solare

Oltre al Sole, il Sistema solare comprende numerosi corpi celesti:

- **8 pianeti**;
- oltre 90 **satelliti** che ruotano intorno ai pianeti;
- migliaia di **asteroidi** (o pianetini) concentrati in una fascia che circonda il Sole o esterni all'orbita di Nettuno;
- moltissimi **meteoroidi**, frammenti più piccoli degli asteroidi;
- miliardi di masse ghiacciate che formano una «nube» alla periferia del Sistema solare e originano le **comete**.

Nello spazio che si estende tra i corpi del Sistema solare si trova la materia interplanetaria, formata da gas e polveri rarefatte.

I pianeti sono molto diversi tra loro, ma hanno caratteristiche comuni:

- hanno una forma che possiamo approssimare a una **sfera**;
- **orbitano attorno al Sole** in senso antio-

riario anche se con tempi diversi; questo moto è detto **rivoluzione**;

- hanno una massa tale da mantenere la loro orbita libera da altri corpi;
- **ruotano attorno a un asse**, anche se non tutti nello stesso senso; questo moto è detto **rotazione**;
- hanno l'**asse di rotazione inclinato** rispetto al piano dell'orbita, anche se con inclinazioni molto variabili.

I due punti in cui l'asse di rotazione incontra la superficie del pianeta si chiamano **poli**. La circonferenza, equidistante dai poli, che divide la superficie del pianeta in due parti uguali si chiama **equatore**.

In base alle dimensioni, i pianeti del Sistema solare possono essere divisi in:

- pianeti piccoli, o di **tipo terrestre**;
- pianeti giganti, o di **tipo gioviano**.

Plutone, a lungo considerato il nono pianeta, è piuttosto da ritenere un grande asteroide, o **pianeta nano**.

I pianeti dei due tipi differiscono anche per la densità media, per il tipo di atmosfera e per il numero di satelliti.

I pianeti terrestri hanno tutti una struttura simile: un **nucleo**, avvolto da un **mantello**, ricoperto da una **crosta**. Spessori e natura dei tre «involucri» o «strati» sono però diversi.

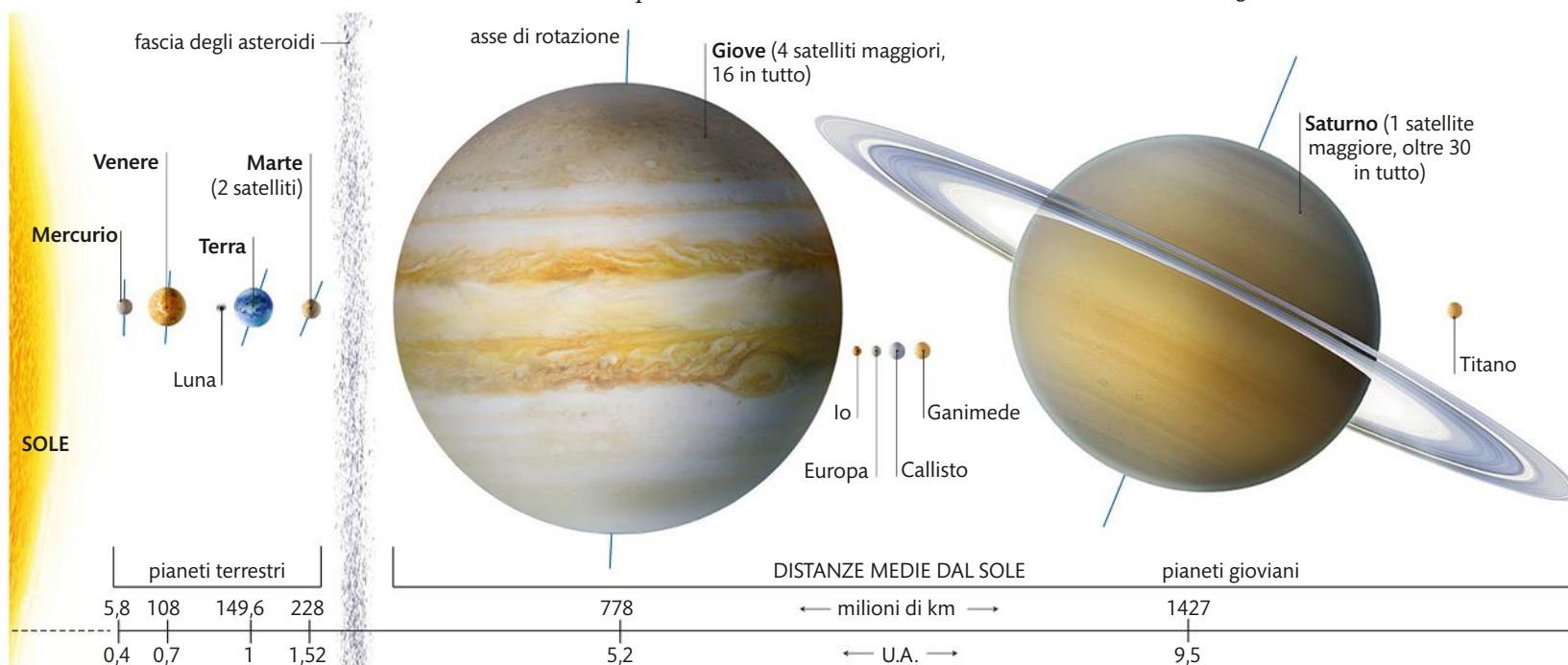
I pianeti gioviani, costituiti in gran parte da gas e ghiaccio, hanno una densità di circa 1,5 volte l'acqua. I pianeti terrestri, con una parte rocciosa prevalente, hanno una densità di circa 5 volte l'acqua.

I pianeti gioviani, dotati di massa maggiore, sono circondati da uno spesso strato di gas, che sui pianeti di tipo terrestre manca o è molto meno denso.

I pianeti gioviani hanno molti satelliti, quelli terrestri ne hanno pochi o nessuno.

► LEGGI L'IMMAGINE

Dove si trova la fascia degli asteroidi?



2 Formazione del Sistema solare

Nella formazione del Sistema solare possiamo ipotizzare quattro fasi principali.

1. Fino a circa 5 miliardi di anni fa, nel settore della Galassia oggi occupato dal Sistema solare, si trovava una **nebulosa** formata da idrogeno, elio e polveri finissime.

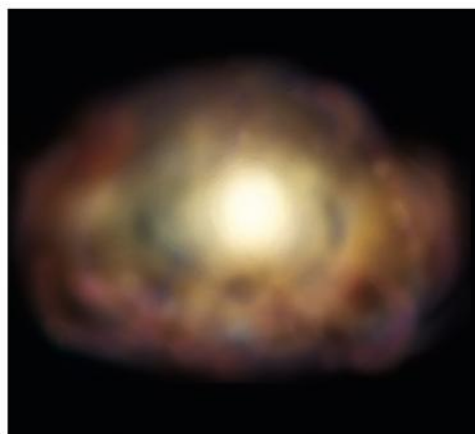
2. Probabilmente, l'esplosione di una supernova causò una perturbazione che fece collassare una vasta porzione della nube in un gigantesco vortice, trasformandola in un disco appiattito. Nel suo centro, per effetto della gravità, crebbe un nucleo sempre più denso e più caldo: il **proto-Sole**.

3. La temperatura al centro aumentò fino a provocare l'**accensione di una stella**: l'avvio delle reazioni nucleari che trasformano l'idrogeno in elio, con emissione di energia. Al momento dell'accensione, la gigantesca esplosione investì l'intero sistema, spazzando via gas e polveri e gran parte della massa del Sole stesso.

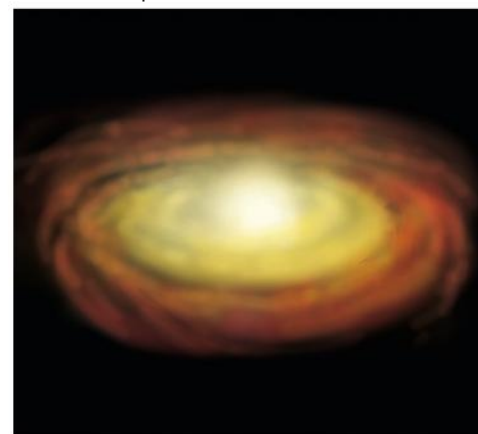
4. Intanto, nel disco, la progressiva aggregazione di particelle determinò la formazione di corpi di dimensioni via via maggiori: dagli asteroidi ai **planeti**.

Il processo di formazione dei planeti durò circa 10 milioni di anni; un tempo breve, se lo paragoniamo all'età dell'Universo, che ha circa 14 miliardi di anni.

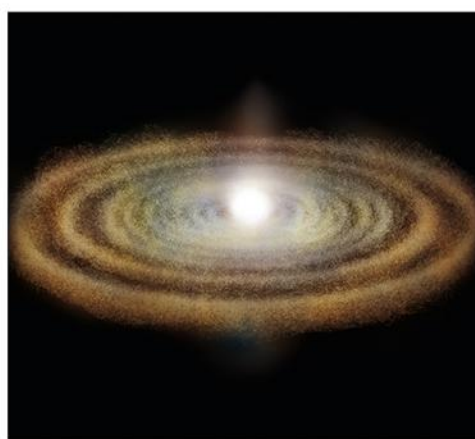
1. Nebulosa



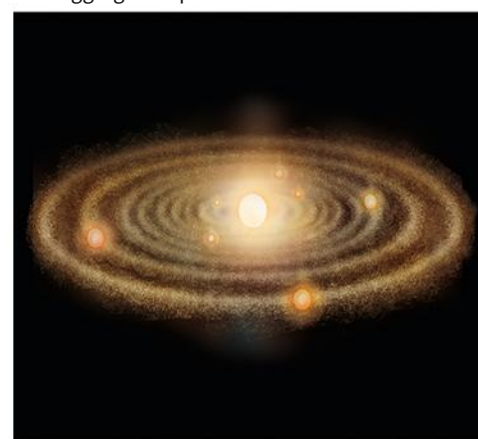
2. Si forma il proto-Sole



3. Si «accende» il Sole

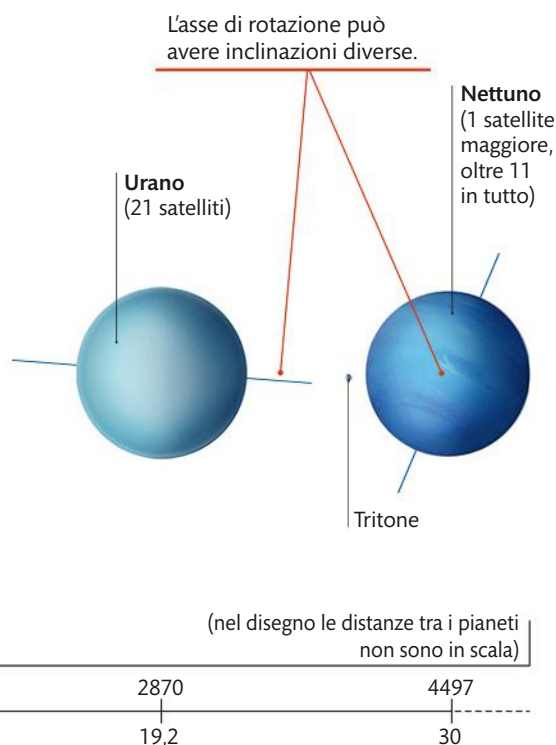


4. Si aggregano i planeti



► LEGGI L'IMMAGINE

In che stadio il Sistema solare ha acquisito la forma di un disco?



Guida allo studio

SISTEMA SOLARE

comprende

la stella Sole

corpi che si muovono intorno al Sole

planeti

satelliti

asteroidi

meteoroidi

comete

terrestri:
Mercurio,
Venere, Terra,
Marte

gioviani:
Giove, Saturno,
Urano, Nettuno

1. LAVORA CON LA MAPPA Evidenzia nel testo i cinque tipi di corpi che si muovono intorno al Sole.

2. Quanti sono i planeti compresi nel Sistema solare?

3. Che cosa c'era fino a 5 miliardi di anni fa al posto del Sistema solare?

4. Perché i planeti gioviani hanno una densità inferiore rispetto ai planeti terrestri?

5. LAVORA CON IL VIDEO Qual è il pianeta più piccolo di tutto il Sistema solare?

Il Sole è un'enorme sfera costituita da sostanze gassose, soprattutto idrogeno ed elio. Come le altre stelle, produce un'elevatissima quantità di energia attraverso la reazione di fusione termonucleare che si verifica al suo interno.

Il Sole ha un **raggio** di 700 000 km (circa 110 volte più grande di quello terrestre), un volume di $1,4 \times 10^{18} \text{ km}^3$ (1 300 000 volte

quello della Terra) e una **densità media** di $1,4 \text{ g/cm}^3$ (circa quattro volte inferiore a quella della Terra).

Il Sole emette in un secondo più energia di quanta l'umanità ne abbia consumata in tutta la sua storia. La trasformazione dell'idrogeno in elio è in atto da almeno 5 miliardi di anni e si ritiene che ne passeranno altrettanti prima che l'idrogeno si esaurisca.

1 Interno e superficie del Sole

In questi ultimi decenni, i dati raccolti da numerosi osservatori hanno permesso di individuare la *struttura esterna* del Sole, cioè quella visibile. Le leggi della Fisica, applicate ai dati noti (dimensioni, massa, densità ecc.), hanno consentito di ipotizzarne la *struttura interna*, che viene suddivisa in una serie di involucri concentrici, pur tenendo presente che, essendo tutti gassosi, non esistono tra di essi dei limiti netti.

Dall'interno verso l'esterno distinguiamo le seguenti parti.

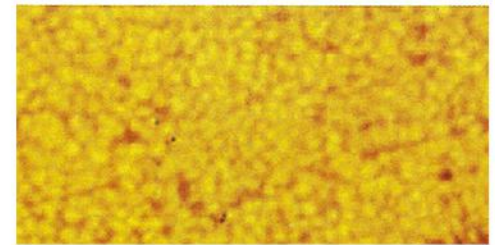
- Il **nucleo** è la sede delle reazioni termonucleari che convertono idrogeno in elio e

producono energia. Le temperature sono vicine ai 15 milioni di gradi kelvin. Il nucleo è una sorta di «reattore» nucleare a fusione, mantenuto stabile dal peso dell'enorme involucro di materiali sovrastanti, che contrasta la violenza esplosiva delle reazioni.

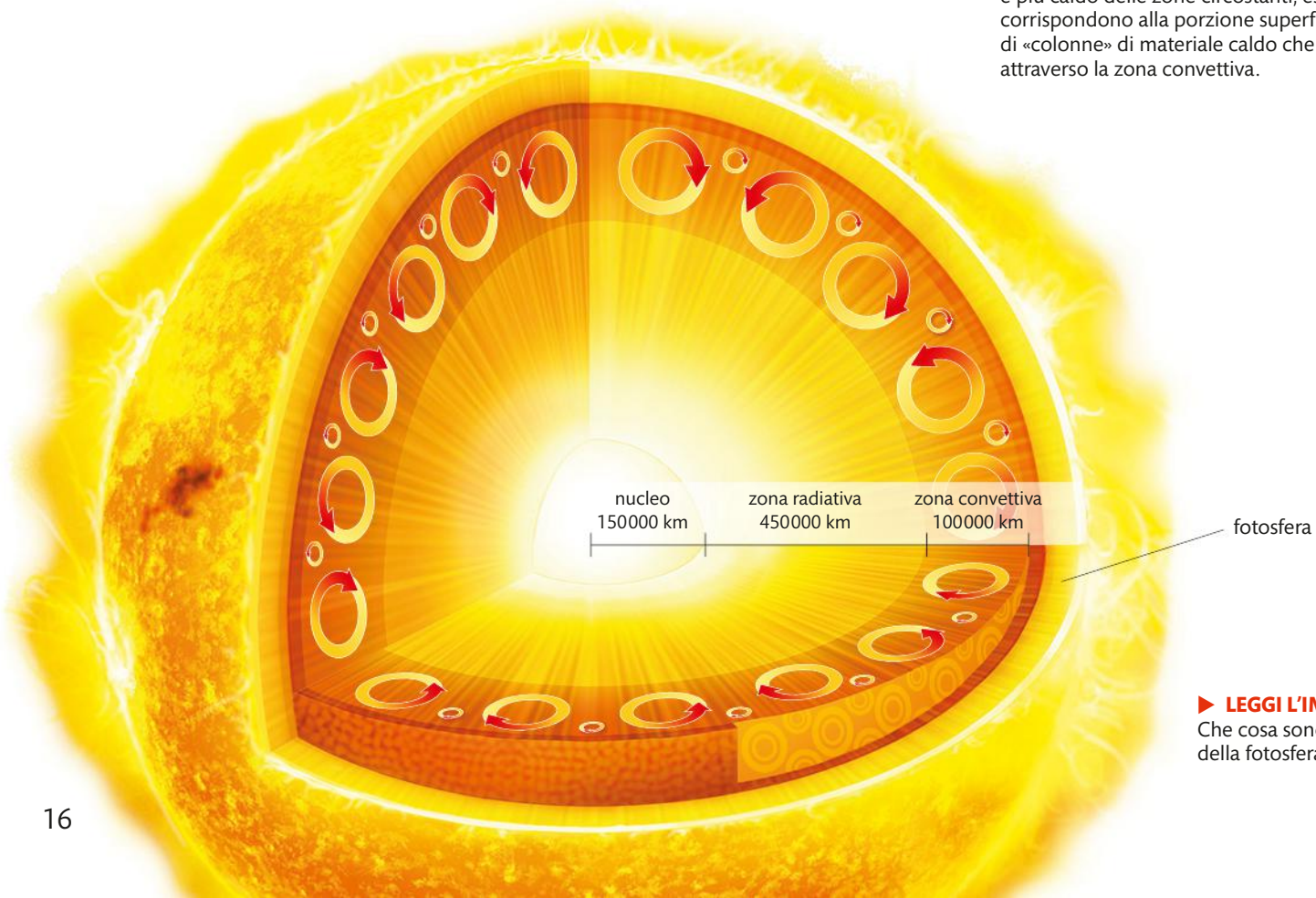
- La **zona radiativa** è quella in cui l'energia prodotta nel nucleo viene assorbita dagli atomi di gas, che la emettono verso l'esterno.

- La **zona convettiva** è attraversata da flussi di materia calda che salgono dalla zona radiativa verso la superficie e risprofondano dopo essersi raffreddati.

- La **fotosfera** è l'involucro che irradia quasi tutta la luce solare e corrisponde, quindi, alla superficie visibile del Sole. La temperatura media superficiale del Sole è di 5785 K.



La superficie della **fotosfera** presenta una struttura a *granuli* costituiti da masse di gas (di circa 1000 km di diametro) il cui centro è più caldo delle zone circostanti; essi corrispondono alla porzione superficiale di «colonne» di materiale caldo che risale attraverso la zona convettiva.



► LEGGI L'IMMAGINE

Che cosa sono i granuli della fotosfera?

2 L'atmosfera del Sole

L'atmosfera del Sole è distinta in due strati:

- la cromosfera,
- la corona.

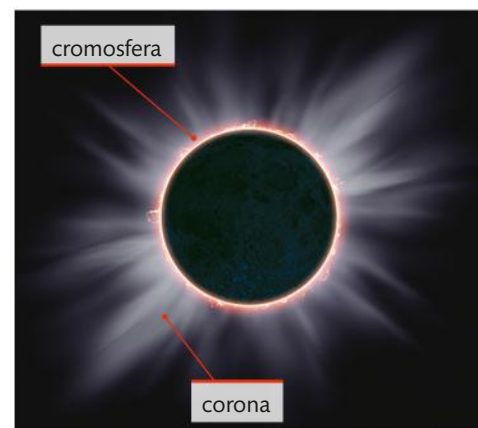
La **cromosfera** è un involucro trasparente di gas incandescenti, che avvolge la fotosfera. Spessa circa 10 000 km, è uno strato di transizione fra la fotosfera e la corona. È possibile osservare la cromosfera durante le eclissi totali di Sole, cioè quando la Luna viene a trovarsi tra la Terra e il Sole,

nascondendo completamente la fotosfera.

La **corona** è la parte più esterna dell'atmosfera solare. È un involucro di gas ionizzati (cioè gas i cui atomi possiedono una carica elettrica) che si estende per migliaia di chilometri, divenendo via via più rarefatta.

► LEGGI L'IMMAGINE

In quali condizioni si può osservare l'atmosfera del Sole?



3 L'attività solare

Esistono alcuni aspetti osservabili dell'attività della parte più esterna del Sole.

1. Tra i granuli della *fotosfera* si possono vedere le **macchie solari**, aree meno calde che appaiono di colore più scuro per contrasto con il resto della fotosfera. Le macchie sono riunite in gruppi e hanno una vita di circa una settimana: dopo la comparsa aumentano di dimensioni, poi si riducono e si estinguono, mentre iniziano a svilupparsi nuovi gruppi. Il numero di

macchie non è costante, ma passa da valori minimi (fino all'assenza di macchie) a valori massimi in cicli di 11 anni; sono abbondanti quando l'attività del Sole è più intensa.

2. Le **protuberanze** sono lingue luminose di gas che si innalzano dalla *cromosfera* e raggiungono altezze variabili, spingendosi fino a 40 000 km.

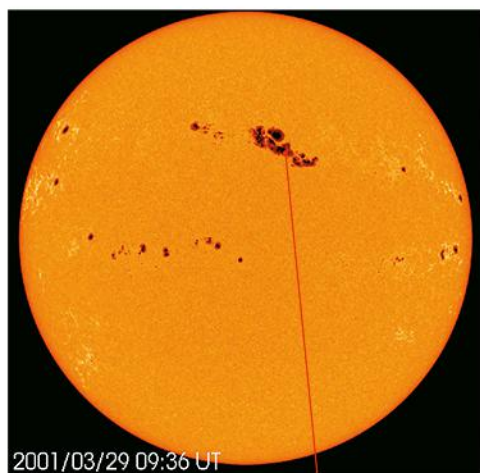
3. I **brillamenti** sono violente emissioni di energia alle quali si associano potenti scariche elettriche e un intenso flusso di par-

ticelle atomiche. Essi possono causare disturbi alle telecomunicazioni sulla Terra.

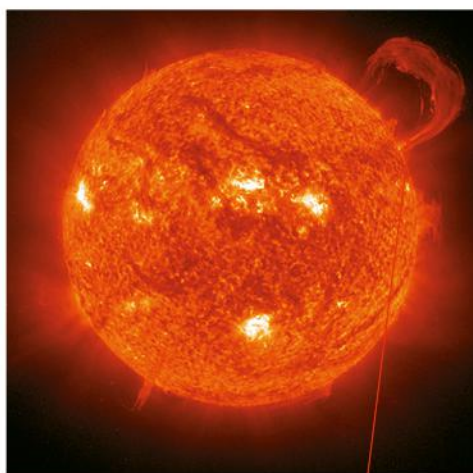
4. Il **vento solare** consiste in un flusso di elettroni, protoni e nuclei di elio o di altri elementi leggeri, emessi dal Sole, che viaggiano – in assenza di atmosfera – a una velocità piuttosto elevata (normalmente intorno ai 500 km/s).

► LEGGI L'IMMAGINE

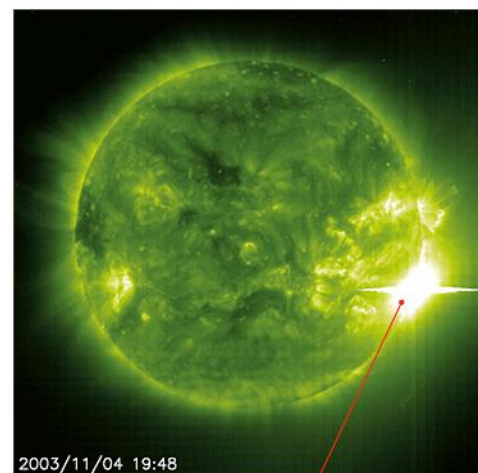
Come appaiono le macchie solari rispetto alla superficie del Sole?



Macchie solari sulla superficie del Sole



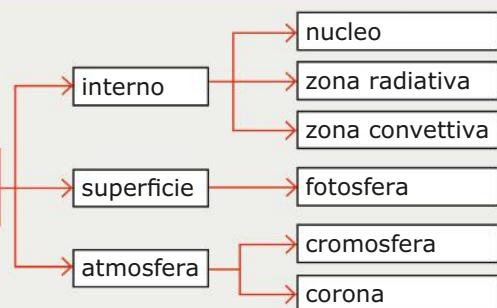
Una protuberanza solare



Un brillamento (immagine in falsi colori)

Guida allo studio

STRUTTURA DEL SOLE



1. **LAVORA CON LA MAPPA** Osserva la mappa e rintraccia nel testo una informazione importante per ogni parte in cui si suddivide il Sole.

2. Riassumi in una tabella le attività solari indicando per ciascuna le caratteristiche principali.

3. **LAVORA CON IL VIDEO** Che differenza c'è tra il modo in cui si sono ricavate le informazioni sulla superficie del Sole e quelle sul suo interno?

Mercurio, Venere, Terra e Marte sono i pianeti più vicini al Sole e sono detti pianeti terrestri; hanno caratteristiche comuni che derivano dall'evoluzione che hanno avuto quando il Sistema solare si è formato.

Dal punto di vista della composizione, sono pianeti costituiti in prevalenza da materiali solidi (rocce e metalli).

A causa della vicinanza del Sole e delle piccole dimensioni, questi pianeti riescono a trattenere solo le molecole dei gas più

pesanti e le loro atmosfere sono frazioni piccolissime delle loro masse. Mercurio, che è il più interno, ha soltanto un esile velo di elio. Questi pianeti differiscono invece tra loro per massa e grandezza; inoltre, a causa della diversa distanza dal Sole, varia sensibilmente la quantità di energia che raggiunge ciascun pianeta, quindi la sua temperatura superficiale.

Tra i pianeti terrestri, la Terra ha un satellite, Marte ne ha due, mentre Mercurio e Venere nessuno.

1 Mercurio

Mercurio è il pianeta più piccolo del Sistema solare: ha un raggio equatoriale di 2440 km.

Il suo tempo di rivoluzione intorno al Sole è di 88 giorni terrestri, mentre compie una lenta rotazione sul proprio asse in quasi 59 giorni. La combinazione dei due moti fa sì che su Mercurio il dì (periodo di illuminazione) e la notte durino quasi tre mesi ciascuno.

A causa della vicinanza al Sole e della lunga durata del periodo di illuminazione, la temperatura sul lato esposto alla luce solare sale a 430 °C. Sul lato opposto la temperatura scende invece a -170 °C: è il pianeta con la più forte escursione termica tra il dì e la notte, fenomeno accen-

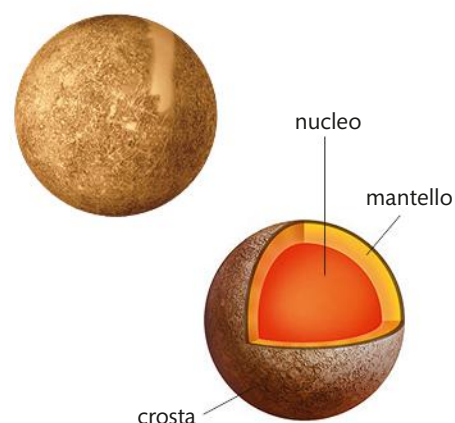
tuato dal fatto che esso ha solo una sottile atmosfera.

L'involucro esterno di Mercurio è formato da rocce fortemente modellate dai crateri d'impatto, dovuti alla caduta di meteoriti che hanno raggiunto la superficie ad altissime velocità, dato che non esiste un'atmosfera in grado di rallentarle.

All'interno del pianeta è presente un grosso nucleo costituito da materiali più densi (probabilmente ferro e nichel), mentre il mantello che lo avvolge (con materiali meno densi) ha uno spessore molto minore.

► LEGGI L'IMMAGINE

Qual è lo strato interno di Mercurio di spessore maggiore?



2 Venere

Venere è l'oggetto più luminoso nel cielo notturno dopo la Luna. Ha un raggio equatoriale di 6052 km, compie una rivoluzione in circa 225 giorni terrestri, mentre ruota su se stesso in 243 giorni. A differenza di quasi tutti gli altri pianeti la rotazione di Venere è *retrograda*, cioè avviene in senso orario.

Nonostante le sue dimensioni e la sua densità siano simili a quelle della Terra, Venere è un pianeta molto più caldo. Esso è infatti avvolto da una densa atmosfera formata soprattutto da anidride carbonica, che trattiene il calore emesso dalla superficie del pianeta una volta che questa è stata riscaldata dal Sole (fenomeno detto

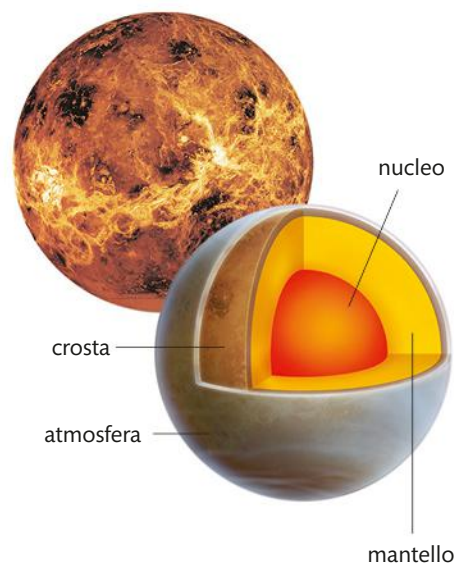
effetto serra che si verifica, in misura minore, anche sulla Terra). Sulla superficie di Venere, pertanto, la temperatura arriva fino a 460 °C, sia durante il dì, sia di notte.

La parte più alta dell'atmosfera del pianeta è continuamente agitata da forti venti, per cui, osservato al telescopio, il pianeta ha un aspetto a bande parallele. Una pesante coltre di nubi riflette gran parte della radiazione solare e rende il pianeta molto luminoso.

Le nubi nascondono una superficie rocciosa che mostra strutture complesse: rilievi, depressioni, vulcani e crateri d'impatto.

► LEGGI L'IMMAGINE

Di quanti e quali strati è composto l'interno di Venere?



3 Terra

La Terra è il pianeta di maggiori dimensioni fra i quattro più piccoli, con un raggio equatoriale di 6378 km. Ha un periodo di rivoluzione attorno al Sole che dura poco più di 365 giorni mentre ruota su se stessa in circa 24 ore.

Analogamente agli altri pianeti terrestri, la Terra ha una struttura interna a gusci concentrici, con un nucleo suddiviso in una parte esterna, fluida, e una parte interna, solida.

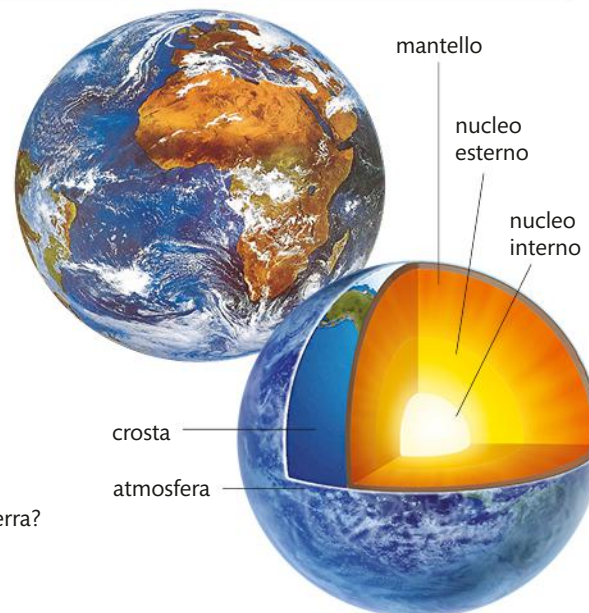
Gran parte della crosta terrestre è ricoperta d'acqua (l'*idrosfera*) e popolata dalla vita (la *biosfera*). Attorno al pianeta si tro-

va uno strato gassoso (l'*atmosfera*), composto principalmente di azoto e di ossigeno.

Nella prossima unità esamineremo nel dettaglio le caratteristiche del nostro pianeta, del suo satellite (la Luna) e dei loro movimenti.

► LEGGI L'IMMAGINE

Quanti strati compongono l'interno della Terra? Elencali dal più interno al più esterno.



4 Marte

Marte ha un raggio equatoriale di 3397 km. La durata del suo periodo di rivoluzione attorno al Sole è di 687 giorni terrestri e la durata del suo periodo di rotazione è di 24 ore e 40 minuti.

Marte è detto il «pianeta rosso» a causa degli ossidi di ferro presenti nelle sue rocce che lo fanno apparire di questo colore. Ai poli sono visibili due calotte di ghiaccio, che si allargano e si restringono visibilmente durante l'anno. Marte possiede infatti un'atmosfera molto rarefatta, limitatamente in grado di trattenere il ca-

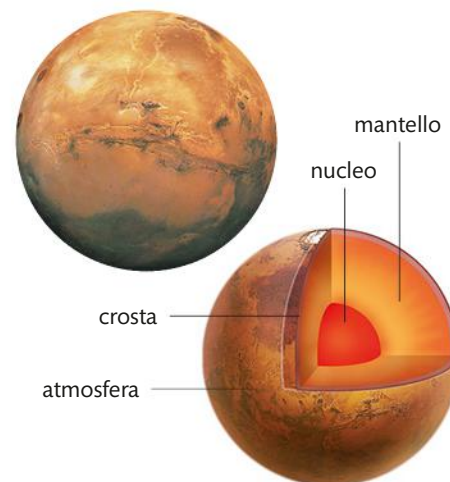
lore: la sua temperatura media superficiale è -55°C .

La superficie del pianeta è stata modellata da numerosi processi: bombardamento meteoritico, attività vulcanica, erosione da parte dell'acqua (un tempo presente allo stato liquido), del vento e del ghiaccio. Il Monte Olimpo è un vulcano alto 25 chilometri (il più grande del Sistema solare).

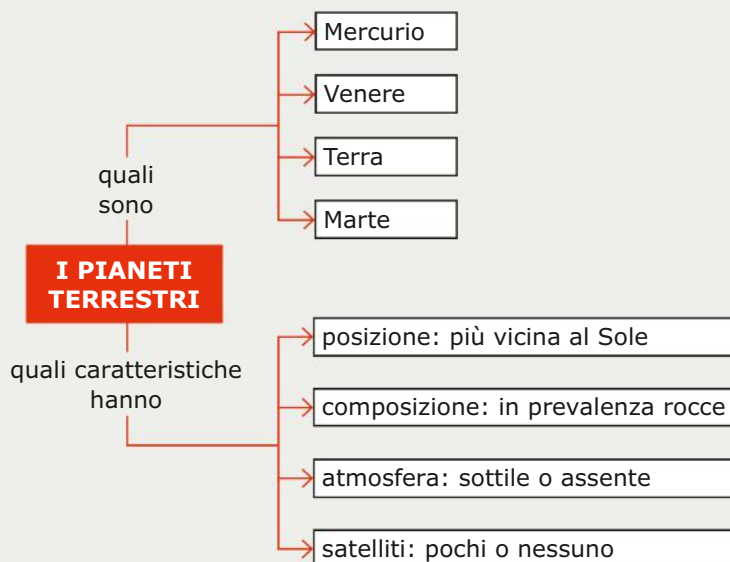
Marte ha due satelliti: Phobos e Deimos.

► LEGGI L'IMMAGINE

Qual è lo strato più spesso tra quelli che compongono l'interno di Marte?



Guida allo studio



- LAVORA CON LA MAPPA** Aiutandoti con la mappa rintraccia nel testo le caratteristiche comuni ai pianeti terrestri.
- Costruisci una tabella con i pianeti terrestri in ordine di distanza crescente dal Sole e per ciascuno indica il periodo di rotazione e il periodo di rivoluzione.

pianeta	p. di rotazione	p. di rivoluzione

- Quale tra gli altri pianeti terrestri ha un periodo di rotazione molto simile a quello della Terra?
- Quale pianeta terrestre ha il periodo di rivoluzione più lungo?
- LAVORA CON IL VIDEO** Che cosa distingue la Terra dagli altri pianeti del Sistema solare?

La fascia di pianeti del Sistema solare più lontani dal Sole è composta da **Giove** (da cui prende il nome il gruppo), **Saturno**, **Urano** e **Nettuno**. Sono pianeti formati principalmente da gas (idrogeno ed elio) e ghiacci (d'acqua, metano e ammoniaca). Hanno numerosi satelliti e anelli di polveri e ghiacci.

La grande massa dei pianeti gioviani, detti anche pianeti gigan-

ti, e le basse temperature, dovute alla distanza dal Sole, fanno sì che essi presentino atmosfere dense e spesse.

I pianeti di tipo gioviano sono separati dai pianeti più vicini al Sole dalla fascia degli asteroidi. Dalla Terra, sono visibili a occhio nudo soltanto Giove e Saturno; gli altri due sono troppo lontani, perciò non erano noti agli antichi.

1 Giove

Il più grande pianeta del Sistema solare ha un raggio equatoriale di 71 492 km (circa 11 volte quello terrestre) e la sua massa è ben 320 volte quella del nostro pianeta. Compie una rivoluzione attorno al Sole in circa 12 anni terrestri e ruota su se stesso molto rapidamente: in 10 ore scarse.

Giove ha un'atmosfera formata da idrogeno (85%) ed elio (15%), con piccole quantità di metano, ammoniaca e acqua.

L'atmosfera di Giove è ricca di nubi che, per l'alta velocità di rotazione del pianeta, prendono la forma di fasce parallele. Grandi macchie di forma ovale interrompono le fasce e corrispondono a vastissimi vortici percorsi da venti violenti.

La superficie di Giove è un oceano di idrogeno liquido, esteso a tutto il pianeta. A profondità elevate (circa 60 000 km) c'è

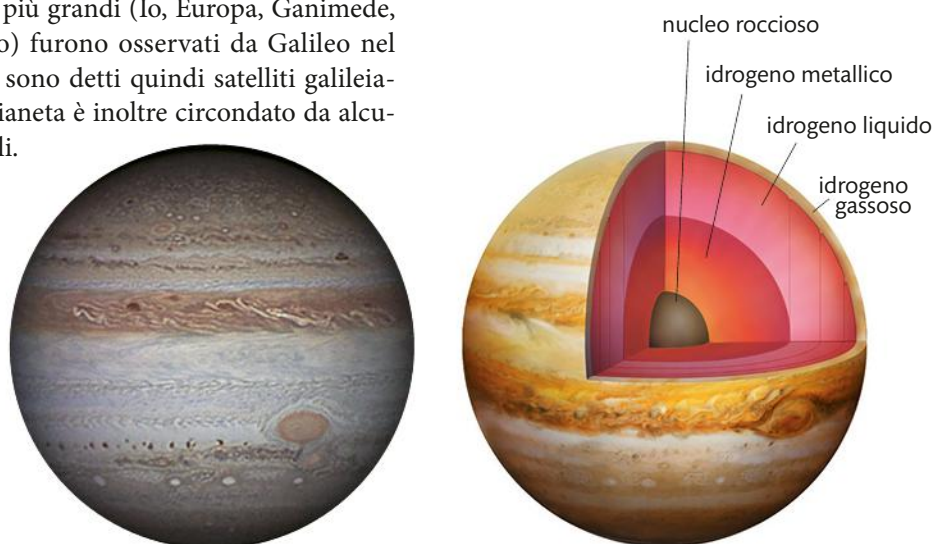
probabilmente un nucleo di rocce e metalli pesanti.

La temperatura media della superficie visibile è di $-153\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Attorno a Giove orbitano oltre 30 satelliti: i 4 più grandi (Io, Europa, Ganimede, Callisto) furono osservati da Galileo nel 1610 e sono detti quindi satelliti galileiani. Il pianeta è inoltre circondato da alcuni anelli.

► LEGGI L'IMMAGINE

Quali strati dell'interno di Giove sono formati da materiali solidi?



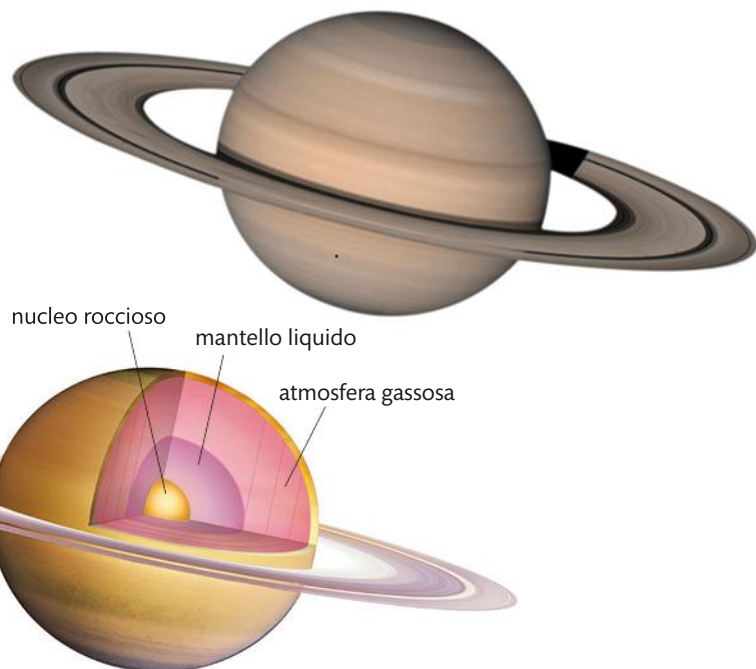
2 Saturno

Ha un raggio equatoriale di 60 268 km e compie una rotazione in poco più di 10 ore. Il suo periodo di rivoluzione attorno al Sole è di circa 30 anni terrestri.

Come Giove, è formato da un grosso involucro di gas (con temperature medie in superficie di $-185\text{ }^{\circ}\text{C}$) che avvolge un nucleo di idrogeno liquido e sulla sua superficie mostra nubi disposte a bande, tracciate da forti venti; è il pianeta meno denso del Sistema solare.

Presenta un sistema di anelli la cui larghezza supera i 200 000 km. Questi anelli sono formati da miriadi di frammenti di ghiaccio e polvere con dimensioni variabili dal millimetro cubo al metro cubo,

ognuno in rotazione intorno al pianeta su una propria orbita. Saturno ha inoltre almeno 45 satelliti.



► LEGGI L'IMMAGINE

Gli strati di Saturno sono fatti in maggioranza di materiali allo stato solido, liquido o gassoso?

3 Urano

Urano ha un raggio equatoriale di 25 559 km. Impiega circa 84 anni terrestri a compiere un giro intorno al Sole: poiché ha l'asse di rotazione quasi parallelo al piano dell'orbita, volge al Sole alternativamente un polo e poi l'altro, per cui nelle zone polari il dì e la notte si alternano ogni 42 anni.

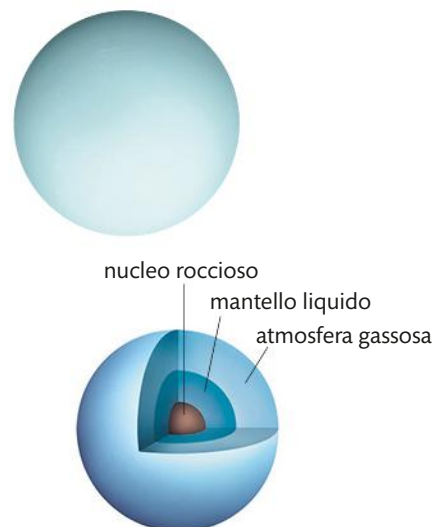
Il moto di rotazione è retrogrado, come avviene per Venere, e il periodo di rotazione è di circa 17 ore.

Anche Urano, come Saturno, ha degli anelli di polveri e ghiaccio che lo circondano.

Un'atmosfera di idrogeno, elio e metano avvolge il pianeta, che è freddissimo a causa dell'enorme distanza che lo separa dal Sole (temperature medie sempre inferiori ai $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$). Sotto l'atmosfera si estende un oceano formato dalle stesse sostanze che costituiscono l'atmosfera.

► LEGGI L'IMMAGINE

Da quanti e quali strati è composto Urano?



4 Nettuno

Nettuno ha un raggio equatoriale di 24 766 km. Il pianeta ruota su se stesso in circa 16 ore e impiega quasi 165 anni terrestri per completare una rivoluzione attorno al Sole.

Come su Urano, la temperatura sulla superficie del pianeta è molto bassa: inferiore ai $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

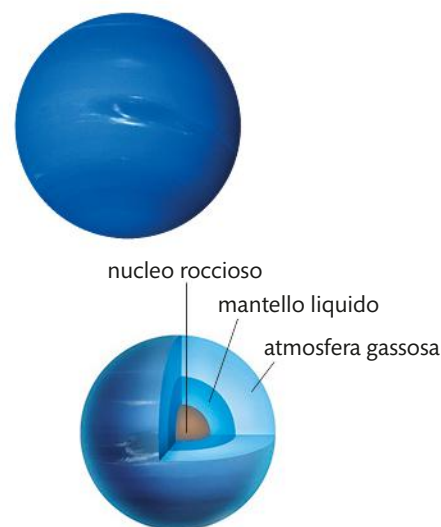
Nettuno è costituito da un profondo oceano di metano liquido, ricoperto da una densa atmosfera gassosa di colore verde-azzurro, formata da idrogeno e metano, e agitata da venti che superano i 2000 km/h di velocità.

Intorno al pianeta si trovano 3 anelli, meno visibili di quelli di Saturno, e ruotano 8 satelliti.

Nettuno è il pianeta più lontano dal Sole ed è stato scoperto solo nel 1846. La sua esistenza era stata ipotizzata a causa di anomalie nell'orbita di Urano e solo in seguito osservata.

► LEGGI L'IMMAGINE

A che cosa è dovuto il colore verde-azzurro di Nettuno?



Guida allo studio

I PIANETI GIOVIANI

quali sono

Giove
Saturno
Urano
Nettuno

quali caratteristiche hanno

posizione: più lontani dal Sole
composizione: soprattutto gas
atmosfera: densa e spessa
satelliti: molti

- LAVORA CON LA MAPPA** Aiutandoti con la mappa rintraccia nel testo le caratteristiche comuni ai pianeti gioviani.
- Costruisci una tabella con i pianeti gioviani in ordine di distanza crescente dal Sole e per ciascuno indica il periodo di rotazione e il periodo di rivoluzione.

pianeta	p. di rotazione	p. di rivoluzione

- Quale pianeta ruota su se stesso più velocemente?
- LAVORA CON IL VIDEO** Quale caratteristica peculiare contraddistingue il moto di Urano rispetto a tutti gli altri pianeti del Sistema solare?