

IL SISTEMA SOLARE

___Indice___

Introduzione

Conoscere il sistema solare

Nascita del sistema solare

Acqua nel sistema solare

Il Sole e i pianeti

Il Sole

I pianeti

La gravità e le orbite dei pianeti

La forma delle cose

La Terra

L'origine della Luna

Altri inquilini

La popolazione asteroidale

Forma e composizione di un asteroide

Il gruppo dei NEO (Near-Earth Object)

Prevedere l'impatto

Gli asteroidi: una risorsa futura

Misure d'emergenza

IL SISTEMA SOLARE

Introduzione

Oggi ci troviamo in un momento del tutto privilegiato per l'esplorazione del nostro sistema planetario. Le grandi missioni spaziali del presente e del passato ci hanno permesso di iniziare a conoscerne il profilo e le caratteristiche. Così possiamo avere una nuova immagine di questa parte di universo, in cui il Sole e i pianeti non sono gli unici protagonisti e troviamo satelliti, come la Luna, gli asteroidi, le comete, le polveri. E non solo, come una colla non fa disperdere le parti nello spazio profondo ecco la forza di gravità, facciamo lo sforzo di immaginare un sistema di corpi di diversa natura e dimensione che ruotano intorno a una stella di media grandezza. Siamo ora pronti per iniziare ad addentrarci in questo spazio.

Conoscere il sistema solare

Il Sistema Solare è il nostro cortile di casa nelle vaste praterie dell'Universo. Si tratta di un sistema di corpi di diversa natura e dimensione che ruotano intorno a una stella di media grandezza. Il nome stesso di "sistema" indica la natura dinamica della struttura; i singoli componenti, infatti, interagiscono tra di loro e si influenzano reciprocamente in maniera complessa.

Oggi ci troviamo in un momento del tutto privilegiato nell'esplorazione del nostro sistema planetario. Le grandi missioni spaziali del presente e del passato ci hanno permesso di iniziare a conoscerne il profilo e le caratteristiche. Così si è andata formando una nuova immagine di questa parte di universo, in cui il Sole e i pianeti non sono gli unici protagonisti. Appartengono al Sistema Solare i satelliti, come la Luna, che orbitano intorno ai pianeti, gli asteroidi, corpi rocciosi di diverse dimensioni che troviamo per lo più raggruppati in fasce, e poi le comete, le polveri, la luce stessa proveniente dal Sole e anche, e soprattutto, la forza di gravità, che, come una colla, non fa disperdere le parti nello spazio profondo. Ma andiamo con ordine.

Nascita del sistema solare

L'origine del Sole e del Sistema Solare è legata alla condensazione di una nube primordiale di gas e polveri come se ne vedono tante nella nostra galassia. È probabile che l'evento che innescò il collasso sia stato esterno alla nube stessa, altrimenti in equilibrio tra le sue parti.

Gli scienziati hanno avanzato l'ipotesi che possa essersi trattato dell'esplosione di una supernova vicina, cioè di una stella di grande massa che arrivata alla fine della sua vita esplose, espellendo tutta la sua atmosfera nello spazio. La silenziosa onda d'urto avrebbe dato quindi la spinta iniziale alla nube: così la morte di una stella può generare la nascita di un'altra stella.

Una volta innescato, il collasso si alimenta da solo: diminuendo la distanza fra la materia della nube, si genera un'attrazione gravitazionale maggiore che tende a sua volta a raggruppare la massa.

La materia in caduta libera non cade in linea retta verso il centro, ma vi ruota intorno in spirali sempre più strette. La rotazione del Sole e dei pianeti intorno al loro asse, così come la rivoluzione dei pianeti e degli altri corpi intorno al Sole, è proprio il residuo di questo mulinello iniziale.



Via via che il collasso procedeva la maggior parte del materiale della nube si concentrò quindi nelle regioni centrali raggiungendo livelli di densità e temperatura tali da permettere la formazione di una stella, un oggetto in grado da solo di produrre ed emettere energia. Alla periferia della nube, invece, il materiale restante continuò a ruotare intorno al centro assottigliandosi in un disco e formò per urti e successive aggregazioni i pianeti a partire dai granelli di polvere presenti.

Ancora oggi i corpi maggiori del Sistema Solare ruotano intorno alla nostra stella su uno stesso piano, chiamato eclittica. Gli scienziati sostengono che gli asteroidi, i corpi ghiacciati e le polveri che popolano il nostro sistema planetario costituiscano i residui più antichi della sua formazione, cioè il frutto di aggregazioni primordiali che non sono riuscite a evolvere in pianeti. Le loro orbite più inclinate rispetto all'eclittica testimoniano proprio il fatto che questi corpi sono rimasti esclusi dal meccanismo di formazione principale lungo il disco di rotazione.

Oggi il Sole brucia da 5 miliardi di anni e continuerà a farlo per altrettanto tempo. Una volta esaurito l'idrogeno, suo carburante principale, si gonfierà diventando una gigante rossa, inglobando tutto il Sistema Solare fino all'orbita di Marte (noi compresi!). Successivamente, espulsi gli strati superficiali in uno sbuffo di gas, il Sole entrerà nella fase finale del suo ciclo vitale trasformandosi in una nana bianca, una piccola stella poco luminosa destinata a raffreddarsi e spegnersi lentamente (vedi sezione Stelle).

Acqua nel sistema solare

Elemento essenziale per la vita come noi la conosciamo, l'acqua è molto più diffusa nel Sistema Solare di quanto si creda. Il ghiaccio d'acqua costituisce uno dei principali elementi di cui sono costituiti i corpi minori all'estremo confine del nostro sistema planetario, le comete, gli anelli e la maggior parte dei satelliti dei pianeti giganti. Altra cosa è l'acqua allo stato liquido.

Gli occhi di tutti sono puntati sul nostro vicino di casa Marte. Per diversi motivi. Da una parte la sete di conoscenza dell'uomo vuole capire come mai l'evoluzione del pianeta rosso lo abbia portato a diventare così arido; sembra ormai infatti assodato che in passato l'ambiente marziano era più umido di quanto non lo sia ora. Inoltre, le principali agenzie spaziali internazionali stanno pianificando lo sbarco dell'uomo su Marte nel 2030; in questa ottica risulta di estrema importanza sapere se i futuri pionieri avranno a disposizione riserve idriche in situ piuttosto che portarle dalla Terra, cosa estremamente dispendiosa sia dal punto di vista economico che di peso di ingombro. Ma Marte non è l'unico corpo del pianeta del sistema solare che potrebbe riservarci sorprese. Novità potrebbero arrivare da un piccolo corpo che orbita intorno al gigantesco Giove: stiamo parlando di Europa, uno dei 4 satelliti galileiani.

Un po' più piccolo della nostra Luna, Europa ha la superficie completamente ricoperta di ghiaccio d'acqua. Osservazioni compiute dalla sonda Galileo supportano però l'ipotesi che sotto questo strato di ghiaccio possa estendersi un oceano di acqua liquida, o di acqua liquida mista a ghiaccio, profondo fino a 160 km.

Gli effetti mareali di Giove, infatti, produrrebbe un riscaldamento interno del satellite sufficiente da sciogliere l'acqua che a sua volta non si disperderebbe nello spazio grazie alla copertura di ghiaccio esterno.

Il Sole e i pianeti

Sul nostro palcoscenico il ruolo di primo attore non può che essere assegnato al Sole, una stella come tante se ne trovano nello spazio, ma per noi molto speciale perché dai resti della sua formazione ha avuto origine tutto il corteo di pianeti e corpi minori che gli ruotano intorno e di cui noi facciamo parte. Il Sole è così grande che lungo il suo diametro potremmo mettere in fila oltre 100 pianeti grandi come la Terra. Ha una massa che da sola costituisce il 99% della massa totale del Sistema Solare ed è in grado di sprigionare sotto forma di luce e calore una quantità di energia pari a 1.000.000.000.000.000.000.000 lampadine di casa nostra da 100 W oppure pari a 10.000 miliardi di bombe atomiche al secondo. Il motore principale di questa potenza risiede nel nucleo solare dove ogni secondo centinaia di milioni di tonnellate di atomi di idrogeno, l'elemento chimico più abbondante nell'universo, si fondono tra loro producendo energia.

Il Sole è una gigantesca sfera di gas ad altissima temperatura e in perfetto equilibrio, che non collassa su stessa e non si disperde nello spazio, grazie al bilanciamento tra le forze di gravità e di pressione, di uguale intensità ma di verso opposto. Essendo gassoso, il nostro astro non ha una vera superficie solida; possiamo pensare al Sole come a un'enorme cipolla fatta di strati di gas concentrici: ciò che noi vediamo da Terra sono i contorni del guscio più esterno chiamato fotosfera. La regione è sede di fenomeni osservabili anche con piccoli strumenti che siano, però, provvisti di adeguati filtri: è importante ricordarsi, infatti, di non osservare mai la luce diretta del Sole, perché è talmente intensa da creare danni permanenti alla vista.

Il Sole

Osservando la fotosfera si nota innanzitutto che non è compatta, ma è formata da tante piccole celle; tale struttura, chiamata granulazione, è causata da moti convettivi: colonne di gas caldo provenienti dal centro del Sole affiorano in superficie per poi rituffarsi verso l'interno. Sempre sulla fotosfera si possono osservare gruppi di macchie solari, zone che appaiono scure rispetto all'ambiente circostante perché in esse il gas è più freddo rispetto alla media. Anche se sulla superficie del Sole sembrano piccole, queste strutture sono così grandi da poter contenere anche 5 pianeti come la Terra.

Opposte alle macchie solari troviamo le facole, ovvero zone che appaiono più chiare perché più calde del gas circostante. Sopra la fotosfera si estende l'atmosfera stellare, composta da due zone distinte chiamate cromosfera e corona, in cui il gas diventa più rarefatto. Anche queste regioni offrono spettacoli da osservare come le protuberanze, gigantesche colonne di gas che si elevano quasi perpendicolari alla superficie del Sole e che formano magnifiche strutture ad arco.

Dalla corona il Sole diffonde nello spazio, come un suo prolungamento, un flusso di particelle elementari chiamato vento solare. Poiché le particelle di cui è composto, fondamentalmente elettroni e protoni, sono molto energetiche, il vento solare risulta dannoso per ogni forma di vita. Fortunatamente la Terra è provvista di adeguate difese: grazie al suo campo magnetico, che la avvolge come un guscio protettivo, è in grado di deviare queste correnti di particelle senza che raggiungano la superficie. Alcune di esse però riescono a sfuggire e a penetrare nelle parti più alte

della nostra atmosfera, interagendo con le molecole di gas ed eccitandole. Il risultato che ne segue rappresenta uno dei fenomeni più belli in natura: le spettacolari aurore polari.

È infine ancora il Sole che stabilisce il confine estremo del Sistema Solare, chiamato eliopausa. Il vento solare crea infatti una bolla all'interno del mezzo interstellare, gas molto rarefatto che si estende a sua volta per tutta la nostra galassia. Il mezzo interstellare risulta poi punteggiato qua e là da bolle simili a quella del Sole, indizio della presenza di altre stelle a cui appartengono altrettanti sistemi solari, che possono essere simili o molto diversi dal nostro, come i fiori nel prato.

I pianeti

Dopo il Sole, sono i pianeti ad avere il ruolo di protagonisti, ma con una piccola precisazione: poiché il Sole ha una massa che da sola costituisce oltre il 99% della massa dell'intero Sistema Solare, i pianeti risultano briciole in confronto alla nostra stella. Non solo: questi granelli orbitano intorno al Sole a distanze enormi rispetto alle loro dimensioni. Si potrebbe fare una proporzione tra le dimensioni del Sole e di Giove, il più grande pianeta del Sistema Solare, e metterle in una scala appropriata rispetto alla distanza. Se il Sole fosse grande quanto un pompelmo, allora Giove sarebbe grande quanto un acino di uva lontano circa cento metri, la lunghezza di un campo da calcio. E in mezzo il vuoto, a meno di altri "chicchi", e il buio, perché lo spazio, se non si guarda direttamente il Sole, è assolutamente nero. Non essendo stelle, i pianeti non sono in grado di produrre luce, ma solo di rifletterla. Alcuni risultano gli oggetti più luminosi del cielo dopo la Luna e si riescono a scorgere anche all'alba e al tramonto quando il cielo non è scuro, gli ultimi a sparire al sorgere del Sole e i primi a riapparire al calare della sera.

I pianeti sono spesso accompagnati anche da satelliti, o lune, corpi che ruotano loro intorno e con i quali costituiscono un'unica struttura orbitante intorno al Sole. Inoltre, i pianeti più grandi possiedono anche sistemi di anelli, probabili resti di satelliti che nell'antichità si sono disgregati e che la gravità ha provveduto a mantenere sospesi intorno al pianeta.

Nel Sistema Solare i pianeti sono stati classificati in due categorie: i pianeti rocciosi e i pianeti gassosi. I pianeti rocciosi sono quattro e costituiscono il Sistema Solare interno: in ordine di distanza dal Sole troviamo Mercurio, Venere, Terra e Marte. Sono chiamati così perché la loro superficie è costituita principalmente da materiale solido ed è avvolta da un'atmosfera sottile rispetto alla dimensione del pianeta. Hanno inoltre dimensioni modeste e un piccolo numero di satelliti, quando presenti.

Segue la classe dei giganti gassosi che fanno parte del Sistema Solare esterno: Giove, Saturno, Urano e Nettuno. Sono costituiti principalmente da gas che diventa sempre più denso man mano che si procede verso l'interno; alcune ipotesi sostengono che al centro ci sia un piccolissimo nucleo solido. Possiedono infine sistemi di anelli più o meno complessi e luminosi e uno stuolo di minuscoli satelliti che orbitano loro intorno.

La gravità e le orbite dei pianeti

La maggior parte dei corpi del Sistema Solare orbitano intorno al Sole su traiettorie che non sono circolari, ma ellittiche, in cui il Sole occupa uno dei due fuochi (prima legge di Keplero). In particolare, i pianeti si muovono su orbite poco eccentriche, cioè poco schiacciate, e quasi tutti su uno stesso

piano a causa del meccanismo con cui si sono creati durante la formazione del nostro sistema planetario. I pianeti nani e i corpi minori sono invece caratterizzati da orbite più allungate ed inclinate.

Ogni corpo del Sistema Solare si muove secondo velocità diverse a seconda della distanza dal Sole, più velocemente quando si trova nei pressi della stella e meno velocemente quando si trova nel punto più lontano (seconda legge di Keplero).

Inoltre, con la distanza aumenta anche il tempo impiegato a percorrere una rivoluzione completa intorno al Sole (terza legge di Keplero); così si passa dal periodo di 88 giorni di Mercurio a quello di 165 anni di Nettuno.

Il grande collante che tiene unito il Sistema Solare ed evita che i singoli componenti si disperdano nello spazio profondo è la gravità, una forza generata dai corpi per il solo fatto di avere massa. Fra due qualsiasi corpi esiste infatti una forza di mutua attrazione direttamente proporzionale al prodotto delle rispettive masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. Per la sua massa il Sole è il corpo che in misura maggiore influenza gravitazionalmente tutti gli altri componenti del sistema, che gli orbitano intorno; allo stesso modo i satelliti ruotano intorno ai pianeti. Ma anche i pianeti si influenzano reciprocamente e influiscono sul moto dei corpi minori, anche se la loro azione è molto inferiore a quella del Sole su ciascuno di essi. Per esempio, Nettuno è stato scoperto perché l'orbita di Urano era diversa da quella prevista dai calcoli matematici; la differenza era appunto generata dalla gravità del pianeta gigante più esterno del Sistema Solare.

Le orbite dei corpi della fascia di Kuiper sono disturbate sempre dalla gravità di Nettuno, così come quelle degli asteroidi della fascia principale risentono dell'attrazione gravitazionale di Giove.

Sulla Terra, la gravità degli altri corpi genera fenomeni molto diversi tra loro e più o meno familiari; vale la pena citare, per esempio, le maree degli oceani e la precessione degli equinozi, una variazione millenaria dell'inclinazione dell'asse di rotazione.

La forma delle cose

Una forza di tipo centrale è una forza la cui direzione dipende solo dalla distanza del punto di applicazione da un punto fisso, detto centro di forza. In un campo di forza centrale, quindi, il vettore forza è in ogni punto parallelo a semirette orientate in ogni direzione uscenti dall'origine. Per questo motivo, il campo che si origina ha una simmetria sferica.

L'attrazione gravitazionale è una forza centrale; prendiamo infatti la sua formula:

$$F=G(m_1*m_2)/(r^2)$$

L'unico vettore in grado di dare la direzione della forza è appunto r , la distanza fra le masse in gioco. Così, per esempio, in assenza di altri fattori, dal collasso gravitazionale di una nube di gas e polveri si creano oggetti sferici come le stelle e pianeti. In realtà sappiamo che durante la formazione di un corpo celeste le nubi di gas e polveri ruotano intorno al loro centro; di conseguenza gli oggetti prodotti non sono esattamente sferici, ma leggermente schiacciati ai poli a causa della forza centrifuga. La Terra, per esempio, non è una sfera perfetta, ma un geoide di rotazione. La differenza tra il raggio equatoriale terrestre e quello polare è di circa 20 km.



La Terra

La Terra non è ferma nello spazio, ma è soggetta a diversi movimenti. I più noti sono il moto di rotazione intorno al proprio asse, che determina l'alternarsi del dì e della notte e l'apparente moto del cielo sopra le nostre teste, e quello di rivoluzione intorno al Sole su un'orbita leggermente ellittica. Dai moti di rotazione e rivoluzione derivano rispettivamente le due principali misure del tempo utilizzate: il giorno e l'anno.

La durata del giorno può essere misurata come intervallo di tempo fra due transiti consecutivi del Sole o di una stella su uno stesso meridiano. Il primo è chiamato giorno solare e dura 24 ore; il secondo è chiamato giorno siderale e dura circa 4 minuti in meno. La differenza fra i due periodi deriva dal fatto che la Terra ruota intorno al proprio asse e contemporaneamente si sposta lungo l'orbita, variando la direzione di allineamento con il Sole; questo comporta a sua volta un allungamento del tempo per allinearsi nuovamente con il Sole, cosa che non avviene per le altre stelle così lontane da poter essere considerate fisse.

Per la misura dell'anno le cose sono un po' più complesse. Infatti, abbiamo l'anno siderale che misura l'intervallo di tempo fra due successivi allineamenti di una stella con la Terra e che corrisponde a una completa rivoluzione del nostro pianeta intorno al Sole rispetto alle "stelle fisse". Esiste inoltre l'anno solare che rappresenta l'intervallo di tempo fra due successivi passaggi del Sole all'equinozio di primavera, uno dei due punti di intersezione tra l'eclittica e il piano equatoriale celeste, prolungamento del piano su cui risiede l'equatore terrestre.

Se l'orbita della Terra fosse immutabile nello spazio queste due definizioni coinciderebbero. Di fatto, però, all'interno del Sistema Solare, i corpi si influenzano reciprocamente, così l'attrazione gravitazionale del Sole e dei pianeti modifica i moti terrestri in funzione della massa e della distanza rispetto al nostro pianeta. Come conseguenza, l'asse di rotazione terrestre descrive nel tempo un movimento in senso contrario a quello orbitale, disegnando un cono nell'arco di 26.000 anni. Su questo cono si inserisce inoltre la nutazione, un'oscillazione con un periodo di 18 anni generata dalla gravità lunare. La composizione dei moti provoca la migrazione del polo nord celeste, attualmente puntato sulla stella polare del piccolo carro, verso stelle differenti; fra 15.000 anni, per esempio, sarà la stella Vega nella costellazione della Lira a indicare il nord.

Oscillando l'asse, oscilla anche il piano equatoriale perpendicolare ad esso, modificando alcuni suoi parametri orbitali, così ogni anno la Terra raggiunge prima i punti equinoziali, ossia le intersezioni del piano equatoriale con l'eclittica. L'anno solare, dunque, differisce da quello siderale di circa 6 ore, ragion per cui risulta necessaria l'introduzione di un giorno ogni 4 anni per compensare la differenza: ecco spiegato l'anno bisestile e il 29 febbraio.

Un'altra misura del tempo è costituita dal mese che rimanda al ciclo delle fasi del nostro satellite. La Luna, infatti, orbita intorno alla Terra su una traiettoria inclinata di 5° rispetto all'eclittica. Questo implica che possiamo osservare i diversi stadi in cui il nostro satellite è illuminato dai raggi solari; passando da luna nuova a luna piena, il ciclo delle fasi lunari dura appunto un mese lunare (28 giorni). Nei punti in cui l'orbita lunare interseca quella terrestre, Sole, Terra e Luna sono allineati e si verificano le eclissi. Si ha un'eclisse solare quando la Luna si trova in mezzo tra Sole e Terra, complice il caso che vuole che il piccolo disco lunare si trovi alla distanza giusta per coprire in

prospettiva il gigantesco Sole. Se invece è la Terra a trovarsi fra gli altri due corpi si origina un'eclisse lunare.

Le stagioni. L'alternarsi delle stagioni sulla Terra è causato dall'inclinazione dell'asse terrestre e dal moto di rivoluzione del nostro pianeta intorno al Sole. La Terra descrive una traiettoria leggermente ellittica sul piano orbitale. Durante il tragitto l'asse di rotazione terrestre mantiene sempre la stessa inclinazione rispetto all'eclittica e i due emisferi della Terra risultano irraggiati in maniera diversa in funzione della posizione del pianeta rispetto al Sole. Questo comporta una variazione nell'angolo di incidenza dei raggi solari sulla superficie terrestre e di conseguenza una diversa quantità di calore raccolta. Le variazioni stagionali di temperatura non sono dovute, quindi, alla minore o maggiore distanza dal Sole, tanto è vero che la Terra raggiunge i punti di minima e massima distanza dalla nostra stella rispettivamente durante il solstizio d'inverno e il solstizio d'estate. L'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano orbitale è anche alla base del cambiamento della durata del dì e della notte durante l'anno. Da menzionare infine il ruolo che la Luna ha rivestito nello stabilizzare gravitazionalmente l'asse di rotazione della Terra, favorendo lo sviluppo della vita. Più l'asse di rotazione è inclinato sul piano dell'eclittica, più le differenze tra le stagioni risultano marcate. In assenza della Luna, l'attrazione gravitazionale del Sole e degli altri pianeti avrebbe potuto far variare l'inclinazione della Terra nel corso del tempo. In questo caso le temperature avrebbero oscillato tra valori estremi rendendo più difficile l'evoluzione della vita.

L'origine della Luna

Tutti i satelliti del Sistema Solare sono piccoli dalle 25 alle migliaia di volte in confronto ai rispettivi pianeti. Solo il sistema Terra-Luna e il sistema Plutone-Charonte fanno eccezione; la nostra Luna ha un diametro che è solo 1/3 di quello terrestre. Questo significa che forse bisogna chiamare in causa processi di formazione per la Luna diversi da quello degli altri satelliti.

Finora sono state avanzate 4 ipotesi sull'origine della Luna:

1. la Luna sarebbe un frammento staccatosi dalla Terra poco dopo la sua formazione (**ipotesi per fissione**);
2. dopo essersi formata in qualche parte del Sistema Solare, la Luna sarebbe stata catturata dalla gravità terrestre (**ipotesi per cattura**);
3. la Luna si sarebbe formata a partire dalle polveri e dai detriti orbitanti intorno alla Terra (**ipotesi per accrescimento**);
4. la Luna sarebbe il risultato dell'aggregazione di tanti planetesimi orbitanti intorno al nostro pianeta, risultato della collisione della Terra con un corpo planetario della taglia di Marte (**ipotesi per collisione**).

L'ultima ipotesi sembra per ora la più accreditata. Dopo la gigantesca "sberla" la Luna si sarebbe formata per la mutua attrazione gravitazionale dei residui della collisione, producendo un'ulteriore rifusione e differenziazione degli strati e dei materiali e un successivo raffreddamento.

Durante questo processo la superficie avrebbe subito un intenso bombardamento meteorico, trasformando le rocce superficiali in uno strato di polvere e detriti. Successivamente il riscaldamento

interno avrebbe provocato la fuoriuscita di materiale, creando le colate basaltiche, chiamate mari, e le altre caratteristiche di attività tettonica e vulcanica presenti in superficie.

Tale sequenza spiegherebbe il motivo per cui la Luna sia molto simile alla Terra per alcune caratteristiche, ma non le assomigli sotto altri aspetti che potrebbe aver "ereditato" dal corpo scontratosi con il nostro pianeta.

Altri inquilini

I pianeti con i loro satelliti e anelli non sono gli unici corpi che popolano il Sistema Solare. Intanto tra l'orbita di Marte e quella di Giove c'è la fascia principale degli asteroidi che non è un semplice anello piatto di rocce di varie dimensioni e forme, come si è soliti immaginare. Gli scienziati da anni sanno che si tratta piuttosto di una vera e propria ciambella tridimensionale incurvata intorno alla nostra stella. La dimensione verticale di questo tubo è pari alla distanza Terra – Sole, pari circa alla lunghezza dell'area di rigore di un campo da calcio.

All'interno della fascia gli asteroidi non sono distribuiti in modo uniforme, ma formano strutture ad anelli interrotte da alcune lacune, zone vuote che Giove ha "ripulito" espellendo i corpi che vi si trovavano. Sempre Giove è responsabile dell'orbita dei Troiani, due gruppi di asteroidi provenienti dalla fascia principale, che compiono la loro rivoluzione intorno al Sole uno precedendo e l'altro seguendo il pianeta gigante.

Lontano dal calore della nostra stella ai confini del Sistema Solare, si trovano poi la fascia di Kuiper e la nube di Oort, veri e propri serbatoi di asteroidi e comete. La prima, sorella maggiore, ma meno famosa, della fascia principale, inizia subito dopo l'orbita di Nettuno e si estende fino a 100 volte la distanza Terra – Sole, cioè 20 dei nostri campi da calcio.

Oggi conosciamo circa 40 corpi appartenenti a questa fascia con dimensioni maggiori di 100 km, ma le stime degli scienziati ne prevedono un numero molto maggiore, circa 50.000, senza contare quelli di dimensioni inferiori. Da agosto 2006 per far fronte ai nuovi corpi scoperti oltre l'orbita di Plutone gli scienziati hanno creato la nuova categoria dei pianeti nani. Per ora in tutto sono 3: Plutone appunto, che rappresenta il capostipite, Xena o Eris, più grande e distante dello stesso Plutone, e Cerere, il più grande asteroide della fascia principale.

Dalla fascia di Kuiper, infine, possono anche provenire alcune comete. Questi corpi sono soggetti alla gravità dei pianeti giganti e possono subire modifiche alle loro traiettorie come la famiglia dei Centauri, corpi di diverse dimensioni che orbitano tra Giove e Nettuno.

Ancora più lontano dal Sole si estende la nube di Oort, un vasto serbatoio di nuclei cometari che ci avvolge completamente: è un guscio enorme con un diametro di 1.500 volte quello del Sistema Solare che racchiude. I nuclei cometari sono più piccoli rispetto ai corpi della fascia di Kuiper e sono costituiti da blocchi di ghiaccio misto a roccia con diametri da 1 a 10 km. Se subiscono l'attrazione gravitazionale dei pianeti giganti per un passaggio ravvicinato, questi oggetti opachi e solidi vengono distolti dalla loro tranquilla orbita nei recessi bui del Sistema Solare per diventare uno degli oggetti più affascinanti e luminosi del cielo: le comete. Piombando come proiettili all'interno del Sistema Solare e avvicinandosi al Sole, l'acqua di cui i nuclei sono composti comincia a sublimare (ovvero a



passare cioè dallo stato solido a quello gassoso), e ne forma la caratteristica coda. Ad ogni passaggio nei pressi della nostra stella, le comete si consumano un po' fino a disintegrarsi completamente, lasciando solo pezzetti di roccia sparsa lungo la traiettoria. È proprio questo che sta alla base delle stelle cadenti: quando la Terra, nella sua rivoluzione intorno al Sole, interseca l'orbita di una cometa, i residui cometari bruciano per attrito venendo in contatto con la nostra atmosfera e formano le scie che noi tutti conosciamo.

La popolazione asteroidale

Gli asteroidi, anche detti pianetini, sono frammenti rocciosi di varie dimensioni originatisi durante la formazione del Sistema Solare, circa 4,6 miliardi di anni fa. Il primo asteroide venne scoperto nel 1801 da Padre Giuseppe Piazzi all'Osservatorio di Palermo. Venne battezzato Cerere e per mezzo secolo venne considerato l'ottavo pianeta. Dal 2006 è considerato un pianeta nano alla stregua di Plutone, Eris, Makemake e Haumea. Da quel lontano 1801 sono stati scoperti e catalogati oltre 300.000 asteroidi e quasi sicuramente altre centinaia di migliaia, forse un milione, sono ancora da scoprire. Il numero di corpi con un diametro superiore ai 200 km è esiguo, appena 26, tra questi il più grande è Cerere con 900-1000 km, seguito da Pallade e Vesta entrambi con un diametro di circa 500 km. Il resto degli asteroidi ha dimensioni inferiori a 200 km fino ad arrivare anche a pochi metri di diametro.

La stragrande maggioranza degli asteroidi orbita intorno al Sole in una regione compresa tra l'orbita di Marte e quella di Giove, denominata Fascia Principale, più precisamente tra 2 e 3,3 u.a. (1 u.a. = 150.000.000 km, è la distanza media tra Terra e Sole). Ben separati dalla Fascia Principale, con un'orbita interna rispetto a quella di Giove, troviamo gli asteroidi di tipo Hilda e Thule. Oltre a questi esistono due grandi raggruppamenti di oggetti che si trovano sull'orbita di Giove, in due punti di equilibrio (detti punti lagrangiani). Tali raggruppamenti vengono chiamati Troiani e sono molte centinaia di migliaia, un gruppo precede Giove, l'altro lo anticipa. Esiste in fine un'ulteriore sottopopolazione asteroidale convenzionalmente distinta in tre tipi con il nome di Aten, Apollo e Amor. Le loro orbite si estendono fino nella zona più interna del Sistema Solare. In particolare, gli Aten hanno un semiasse maggiore orbitale inferiore a 1 u.a., ma con distanza all'afelio (massima distanza dal Sole) maggiore della distanza perielica (minima distanza della Terra dal Sole) della Terra (0,983 u.a.). Gli Aten, quindi, risiedono per la maggior parte del periodo orbitale all'interno dell'orbita terrestre, ma all'afelio possono trovarsi oltre l'orbita della Terra.

Gli Apollo invece hanno un semiasse maggiore più grande di quello terrestre, con una distanza perielica inferiore a quella della Terra (1,017 u.a.). Di conseguenza tali oggetti orbitano per la maggior parte del tempo al di là dell'orbita terrestre e solo per un tratto si trovano all'interno. Infine, gli Amor possiedono orbite con distanza perielica tra 1,017 e 1,3 u.a., in grado quindi di arrivare al perielio nella zona tra Terra e Marte.

Riassumendo, per convenzione vengono definiti asteroidi i corpi minori del Sistema Solare con dimensioni di almeno qualche decina di metri, le cui orbite non superano mai quella di Giove. Vengono inclusi in tale categoria anche i Troiani.

Forma e composizione di un asteroide

Quasi tutti gli asteroidi sono di forma irregolare, anche se alcuni sono quasi sferici, e spesso presentano anche numerosi crateri sulla superficie. Mentre girano attorno al Sole in orbite ellittiche, gli asteroidi ruotano anche intorno a sé stessi, talvolta in maniera piuttosto irregolare. Ad oggi sono stati scoperti oltre 150 asteroidi con una piccola luna compagna. Ci sono anche sistemi binari e tripli costituiti da due o tre asteroidi. Per composizione gli asteroidi vengono distinti principalmente in tre classi: C, S ed M. Le diverse composizioni degli asteroidi sono dovute alla distanza dal Sole nella loro fase di formazione. Gli asteroidi di tipo C sono i più comuni e sono ricchi di carbonio. Sono molto scuri e si concentrano nella parte più esterna della Fascia Principale. I tipi S sono costituiti da silicati, nichel e ferro; li ritroviamo soprattutto fra gli oggetti di tipo Apollo e Amor. Mentre i tipi M sono completamente metallici, costituiti da ferro-nichel.

Il gruppo dei NEO (Near-Earth Object)

Tutti gli oggetti in grado di transitare nelle zone dei pianeti terrestri sono comunemente indicati con l'acronimo NEO (Near-Earth Object), vale a dire oggetti vicini alla Terra. Gli asteroidi occupano zone diverse all'interno del Sistema Solare e oltre a ruotare intorno al Sole, sono in grado di spostarsi, a causa di effetti per nulla semplici da prevedere. Uno dei motivi è la collisione con altri asteroidi, che ha come risultato la frantumazione degli oggetti coinvolti. I frammenti prodotti possono assemblarsi nuovamente in un nuovo oggetto oppure finire in traiettorie autonome, dando vita a singoli asteroidi. Questi urti non sono in grado di proiettare l'asteroide lontano dalla zona di collisione e farlo diventare per esempio un NEO. Affinché la traiettoria venga modificata sostanzialmente devono anche aggiungersi dei processi dinamici in grado di far variare sensibilmente i parametri orbitali. Le perturbazioni gravitazionali causate da un pianeta gigante sono in grado di variare, in tempi relativamente brevi, i parametri orbitali quali l'eccentricità e l'inclinazione dell'orbita, spostando il perielio di questi oggetti sempre più vicino al Sole. L'asteroide catturato dalla perturbazione sarebbe quindi in grado di attraversare le orbite dei pianeti Marte, Terra, Venere e Mercurio, che prima rimanevano sempre all'interno. Frequentemente capita che questi asteroidi abbiano il perielio talmente allungato da terminare la loro vita con un tremendo impatto sul Sole. Questo processo ci elimina facilmente il fastidio dell'asteroide. L'aumento dell'eccentricità non comporta solo un aumento del perielio ma anche un allontanamento dell'afelio, quindi spesso questi oggetti della fascia principale, che vengono catturati dalle perturbazioni gravitazionali, si spingono fino all'orbita di Giove, con la conseguente espulsione dal Sistema Solare. Fin qui entrambi i fenomeni giocano a nostro favore.

Tuttavia, alcuni asteroidi non finiscono la loro vita sul Sole o proiettati nel Sistema Solare esterno, infatti, anche i pianeti interni, sebbene di massa ben inferiore a Giove, possono creare qualche effetto perturbativo su questi corpi, portandoli a contatto con le loro orbite. Ovviamente maggiore è la massa, più efficiente sarà il meccanismo di estrazione dell'asteroide. Tra i candidati più probabili ci sono certamente la Terra e Venere entrambi di massa ben superiore a Marte e Mercurio.

Se si verifica tale condizione, l'asteroide uscito dalla sua orbita iniziale, diventa un oggetto a rischio di impatto con la Terra e viene definito NEA (Near Earth Asteroid). In questa fase l'orbita



dell'asteroide si mantiene caotica, poiché è influenzata da continui incontri ravvicinati con i pianeti interni e di conseguenza non è facile prevedere un comportamento su lungo periodo. Non è quindi da escludere la possibilità che uno di questi possa schiantarsi su uno dei pianeti interni, soprattutto sulla Terra e Venere. I NEA sono stati ulteriormente suddivisi, introducendo la classe dei PHA (Potentially Hazardous Asteroids). I PHA sono NEA che più probabilmente possono entrare in collisione con la Terra; infatti, la loro distanza minima dal pianeta è minore di 0,05 u.a e sono più grandi di 150 metri. Ad oggi sono noti almeno un migliaio di questi corpi, tra questi c'è anche il famoso Apophis con il quale abbiamo avuto un incontro ravvicinato a gennaio di quest'anno e che rivedremo nel 2029, quando l'asteroide sfiorerà la Terra a una distanza di 30.000 chilometri, circa 1/10 della distanza Terra-Luna, mantenendosi comunque a distanza di sicurezza. Possiamo stare quindi tranquilli, la Terra non è in pericolo.

Prevedere l'impatto

Prevedere con esattezza come evolverà la traiettoria di un oggetto costretto a muoversi sotto l'influenza di diversi pianeti è praticamente impossibile. Il problema viene comunemente definito problema degli N-corpi, che non ha una soluzione semplice come nel caso delle leggi di Keplero in cui i corpi in questione sono solo due. Scordiamoci quindi l'interpretazione analitica del fenomeno. Esistono metodi di integrazione numerica che consistono nel simulare il movimento dell'asteroide, ricostruendo, ad intervalli di tempo brevi, la posizione di tutti i corpi interessati. La precisione della simulazione aumenta al diminuire dell'intervallo di tempo considerato. Comunque, va ribadito che è impossibile prevedere la collisione con un asteroide per intervalli di tempo superiori al secolo. Una curiosità: per determinare in maniera oggettiva un valore di pericolosità di ogni NEO è stata adottata una scala, simile alla scala Mercalli dei terremoti, nota con il nome Scala Torino perché proposta durante un convegno tenutosi a Torino nel 1999.

Gli asteroidi: una risorsa futura

I NEA, anche se pericolosi, possiedono indubbiamente delle caratteristiche che li rendono particolarmente interessanti. Prima di tutto, vista la loro natura variegata per composizione e origine, sono oggetti utili per ottenere una più accurata comprensione del meccanismo di formazione del Sistema Solare. Secondo, sono facilmente raggiungibili, poiché, vista la loro massa ridotta, quando questi passano nel Sistema Solare interno è più economico inviare delle sonde e farvi atterrare dei moduli sulla superficie.

Ma il motivo principale dell'enorme interesse che riscontrano è legato alla loro natura: i NEA, infatti, sono delle enormi fonti di materie prime, quali ferro, nichel, cobalto e platino. Attualmente non è conveniente estrarre questi minerali per poi riportarli sulla Terra. I costi di trasporto sarebbero elevatissimi. Tuttavia, questi materiali possono essere utilizzati per lo sviluppo di strutture spaziali e per generare il combustibile per le future missioni di esplorazione e colonizzazione del Sistema Solare. Un dubbio rimane tutt'ora irrisolto: una volta arrivati a poter estrarre le materie prime dagli asteroidi, di chi sarà la proprietà di tali risorse? Per ora lo spazio rimane un terreno libero da forme

di proprietà privata e speculazioni economiche. Il timore è che in futuro la situazione cambierà rapidamente.

Misure d'emergenza

Oggi sappiamo che la Terra è ed è stata colpita a intervalli regolari da corpi provenienti dallo spazio. La prova è rappresentata dai diversi crateri di dimensioni variabili da qualche metro fino a 300 km finora scoperti sulla superficie del nostro pianeta. Il rischio quindi c'è, motivo per cui oggi si sta procedendo al monitoraggio e allo studio dei NEO attraverso una rete di osservatori astronomici americani. Allo stesso tempo si stanno valutando quali tecniche adottare in caso di una possibile collisione con la Terra. Riguardo a quest'ultimo punto i metodi sono sostanzialmente due: la deviazione dell'orbita e la distruzione dell'oggetto. Entrambi i metodi possono utilizzare tecniche nucleari e non nucleari. Infatti, per deflettere un asteroide si può sfruttare l'esplosione di cariche termonucleari, ma anche per distruggerlo.

La scelta se polverizzare o deviare dipende dalle dimensioni del NEO e anche dal tempo di preavviso dell'evento. Il rischio dell'impiego di tecniche nucleari risiede nel fatto che c'è sempre la possibilità che l'asteroide si frammenti in blocchi in grado di continuare il loro cammino verso la Terra, amplificando così il problema. Oggi si stanno studiando anche tecniche non nucleari per deviare un asteroide o cometa che minacci la Terra. Tra le più interessanti c'è sicuramente quella del "rimorchiatore spaziale", che, come suggerisce il nome stesso, prevede l'impiego di un rimorchiatore in grado, una volta agganciato all'asteroide, di azionare dei motori a ioni, esercitando una forza di bassa intensità ma prolungata nel tempo. In questo modo si potrebbe variare il periodo di rivoluzione dell'asteroide della quantità sufficiente a evitare l'impatto con la Terra. Altro metodo prevede l'uso di vele solari che utilizzano la pressione di radiazione solare per effettuare una spinta piccola ma costante sull'asteroide sufficiente a defletterlo. La difficoltà di questi metodi consiste nel fatto che entrambi non sono stati ancora sperimentati adeguatamente e sono senz'altro più complicati da attuare rispetto a una operazione nucleare.

Testo aggiornato ad agosto 2022