

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 e 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

Oltre l'atmosfera

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. E' 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 (vedi sezione Stelle). 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

Il sole

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. 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.

E' 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:

$$F=G(m_1*m_2)/(r_{12})^2$$

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 geode di rotazione. La differenza tra il raggio equatoriale terrestre e quello polare è di circa 20 km.

Altri inquilini

Gli asteroidi

Abbiamo detto che 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, circa la 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 50000, 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 1500 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 distorti 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. E' 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.

Per deviare un asteroide ci vuole...

Nel Sistema Solare le collisioni tra corpi minori sono all'ordine del giorno, tanto che ogni anno piovono sulla Terra centinaia di migliaia di tonnellate di polvere e sassi di piccole dimensioni, residui erranti di questi poderosi scontri interplanetari.

A causa dell'influenza dei pianeti più grossi, alcuni corpi minori possono, infatti, deviare dalla loro orbita originaria e subire mutamenti che li portano in rotta di collisione con altri oggetti. In particolare, gli asteroidi sono soggetti con continuità agli attacchi gravitazionali di Giove che nella maggioranza dei casi provoca la loro espulsione dal Sistema Solare o, peggio, la loro distruzione sulla superficie del Sole. Una frazione di questi asteroidi può però tramutarsi in NEA, cioè in corpi che transitano nelle vicinanze della Terra. Gli asteroidi che potrebbero avere conseguenze catastrofiche sono quelli con dimensioni superiori a 1 km; nonostante la bassa probabilità di collisione con la Terra, da 0,75 a 6 impatti ogni milione di anni, è stato dimostrato che in epoche passate impatti di asteroidi hanno causato estinzioni di massa sulla Terra.

Come salvarsi da un asteroide pericoloso? Uno dei metodi classici e più pubblicizzati è il bombardamento a distanza di sicurezza. Lo scopo è ridurre l'oggetto pericoloso in frammenti e modificarne la rotta. Eppure ci sono modi meno violenti per deviare la rotta di un asteroide: per esempio ricoprendolo di zucchero! Questa soluzione si basa su un fenomeno fisico chiamato **effetto Yarkovski**: durante il suo periodo di rotazione, la superficie di un asteroide assorbe in modo diverso la luce proveniente dal Sole, riemettendola poi sotto forma di radiazione termica. La differenza nell'emissione crea una spinta in senso opposto per il principio di azione e reazione. Nonostante la modesta entità, si tratta di una spinta applicata in maniera continua per molto tempo e produce effetti significativi. Da ciò segue che è possibile deviare l'orbita di un asteroide modificandone la capacità di assorbire la luce: sarebbe sufficiente rivestire un millesimo della sua superficie di polvere bianca. A dimostrazione che con le buone maniere si ottiene tutto.

La Terra

La Terra come una trottola

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 26000 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 15000 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.

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.

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.