



Via Caduti sul Lavoro, 2 - 24030 Brembate di Sopra (BG)

GPS: Lat. 45° 43' 08".19 Nord - Long. 9° 34' 57".76 Est

Telefono Ufficio Segreteria: 035- 621 515

Fax: 035 - 333 560

Sito Internet : www.latorredelsole.it

Posta elettronica: info@latorredelsole.it

Alla scoperta dell'Universo: appunti di viaggio.

Queste note si propongono il semplice scopo di offrire a Docenti e alunni degli Istituti in visita presso il nostro parco astronomico un sintetico strumento di guida per il ripasso dei contenuti degli interventi didattici cui hanno assistito. I dati riportati sono aggiornati al marzo 2018.

Il Sistema Solare in generale.

La nostra Terra appartiene a una famiglia molto diversificata di numerosi corpi celesti materiali, tutti tenuti prigionieri della forte attrazione gravitazionale del maggiore di essi, il Sole, attorno al quale circolano, ognuno con un proprio periodo, lungo invisibili percorsi di forma ellittica chiamati *orbite*. I moti orbitali non sono caotici o casuali, ma rispondono a precise leggi matematiche che governano questo sistema, chiamato *Sistema Solare*. Di esso fanno parte:

1. Il **Sole**, la nostra stella, l'astro a noi più vicino, che rappresenta il 99,8% della *massa* (quantità di materia) dell'intera famiglia;
2. I **pianeti**, in numero di otto, costituiti da corpi opachi, cioè che non brillano di luce propria, di forma sferoidale, visibili in cielo in quanto riflettono con la loro atmosfera o con la loro superficie la luce solare che li colpisce, illuminandoli;
3. I **satelliti**, attualmente conosciuti in numero di 175, costituiti da corpi minori di varia taglia (dai pochi chilometri ai 5.262 chilometri di Ganimede, un satellite di Giove) che orbitano attorno ai pianeti. Il satellite naturale della Terra è la Luna;
4. Gli **asteroidi**, a centinaia di migliaia, corpi rocciosi o ferrosi di forma prevalentemente inegale ed irregolare, con superfici ruvide e fortemente craterizzate, collocati principalmente tra le orbite di Marte e Giove. Il maggiore tra i corpi di questa regione, Cerere, misura 925 chilometri di diametro;
5. I **TNO** (*trans neptunian objects*, cioè *oggetti al di là di Nettuno*). Con questo termine generico si indica il vasto insieme di tutti i numerosissimi corpi celesti, solitamente di taglia modesta, costituiti da roccia e ghiaccio e pertanto paragonabili agli asteroidi, presenti oltre l'orbita dell'ultimo pianeta, Nettuno. I TNO, il cui numero complessivo probabilmente supera il miliardo, si suddividono in alcune categorie a seconda della loro distanza rispetto al Sole. Tra di essi i più noti sono i *pianeti nani*, come ad esempio Plutone, un tempo considerato vero e proprio pianeta e oggi declassato.
6. Le **comete**, a migliaia di miliardi, grandi ed irregolari montagne di ghiaccio contenenti polveri, detriti rocciosi e una ricca varietà di elementi chimici, la cui evaporazione è all'origine delle loro caratteristiche e lunghe code. Le comete abitano sulla superficie di in una sorta di immensa bolla virtuale che circonda gli estremi confini del Sistema Solare, collocabile a 1,5 anni luce dal Sole;
7. I **meteoriti**, chiamati in modo popolare e inesatto *stelle cadenti*, costituiti da detriti e frammenti, pietre e rocce spaziali di varia dimensione che attratte dalla gravitazione dei pianeti finiscono per precipitare contro le loro superfici impattandovi con violenza;

8. Le **polveri**, presenti nell'antico ambiente dell'originaria formazione del Sistema Solare oppure derivanti dalla fine frammentazione nel tempo di meteoriti ed asteroidi in seguito ad urti e alla disgregazione delle comete;
9. Il **vento solare**, un incessante e impetuoso flusso di particelle cariche, in prevalenza *protoni* ed *elettroni*, che il Sole soffia nello spazio con velocità fino a mille chilometri al secondo, in grado di raggiungere le regioni più lontane del sistema solare.
10. Per essere precisi, appartengono all'insieme della famiglia planetaria anche tutti gli **strumenti di indagine** e di esplorazione che gli scienziati hanno inviato dalla Terra: telescopi spaziali, sonde automatiche, astronavi robotizzate, veicoli semoventi (*rovers*), moduli per lo studio delle atmosfere planetarie e in generale qualunque manufatto tecnologico che abbia abbandonato il nostro pianeta.

Le stelle, visibili come punti di luce tremolante disseminati nel cielo delle notte non appartengono al Sistema Solare, in quanto non orbitano intorno al Sole, dal quale risultano separate da distanze che si misurano in *anni luce* (decine di migliaia di miliardi di chilometri). Tutte le stelle visibili, Sole compreso, fanno tuttavia parte dello stesso immenso complesso che chiamiamo *Galassia* o *Via Lattea*, una metropoli siderale a forma di disco composta da centinaia di miliardi di stelle, molte delle quali accompagnate dai propri pianeti, immense nubi di gas e polveri. La nostra Galassia non è che una delle migliaia di miliardi di galassie conosciute oggi nell'Universo osservabile attraverso i telescopi più potenti del mondo.

Formazione del Sistema Solare.

Circa 5 miliardi di anni fa (vale a dire poco meno di nove miliardi di anni dopo che il *Big Bang* originò l'intero Universo), in una silente e fredda periferia della nostra Galassia, a circa 30.000 anni luce dal suo centro, una grande nube gassosa composta prevalentemente da gas idrogeno, elio e polvere cominciò a condensarsi concentrandosi, forse aiutata dall'onda d'urto di una massiccia stella esplosa come *supernova* nelle vicinanze. La *nube protostellare* andò lentamente addensandosi grazie all'azione aggregante della forza di gravità, che formò al suo centro un corpo molto denso e massiccio, che in seguito si accese come stella, il nostro Sole. Tutto ciò che non contribuì alla formazione diretta del Sole finì per ritrovarsi collocato in un disco di materia disordinatamente sparpagliata in orbita intorno ad esso, detto *disco protoplanetario*, nel quale avrebbero tratto origine i pianeti e tutti i corpi minori. Tale spiegazione, che fino a pochi anni fa era una semplice ipotesi, oggi è stata pienamente confermata dalle moderne osservazioni, che ci hanno mostrato questo comportamento della materia anche in prossimità di altre giovani stelle della Via Lattea, che appaiono molto spesso circondate da una sorta di ciambella polverosa al cui interno stanno formandosi nuovi pianeti.

Intorno al Sole in formazione semplici granellini di polvere cominciarono ad aggregarsi in piccoli grumi (*planetesimi*) che la gravità unì ad altri e così via fino al comparire di corpi di buona taglia, che a loro volta si accorparono in strutture ancora maggiori. Tali corpi primordiali dovettero scontrarsi innumerevoli volte, frantumandosi, riunendosi, sbriciolandosi per poi ricomporsi nuovamente, sbalottati nel caotico e incerto orbitare della materia. Probabilmente all'origine i pianeti dovevano essere molto numerosi, persino qualche decina, ma i più grandi nel tempo attirarono i più piccoli, inglobandoli e divenendo così ancora più ricchi di forza di gravità e dunque attrattivi. Alla fine di questa primordiale fase prevalsero alcuni corpi di maggiore dimensione, cioè i pianeti attuali, che nel corso di innumerevoli rivoluzioni intorno al sole ripulirono completamente le loro orbite, catturando con la propria azione gravitazionale ogni frammento. Questa fase iniziale della formazione planetaria, conosciuta con il nome di *accrezione*, durò circa un miliardo di anni e si trattò di uno dei capitoli più tempestosi e violenti della storia del sistema solare.

Diversificazione dei pianeti.

Il materiale che si condensò all'interno del Sistema Solare, sebbene formatosi intorno alla stessa stella, nel medesimo tempo e con le stesse modalità, andò tuttavia a costituire due principali tipologie di pianeti, caratterizzati da numerose e notevoli differenze. I pianeti **Mercurio**, **Venere**, **Terra** e **Marte** (detti *pianeti*

tellurici) sono pianeti piccoli e rocciosi, dotati di una superficie calpestando, mentre **Giove, Saturno, Urano** e **Nettuno** (detti pianeti *gioviani* o *solari*) sono pianeti grandi e gassosi, privi di un suolo. I primi sono privi di sistemi di anelli e contano pochissimi satelliti, mentre i secondi posseggono tutti sia gli anelli che decine di satelliti. I pianeti rocciosi sono inoltre molto differenti tra loro per aspetto e morfologia, mentre i pianeti gassosi hanno in comune parecchie somiglianze; i pianeti piccoli ruotano sul proprio asse lentamente, mentre il moto di rotazione dei grandi pianeti gassosi avviene molto velocemente. La chiave di lettura per spiegare queste differenze tra i pianeti è la distanza dal Sole alla quale essi si sono formati. Le regioni in prossimità del Sole, nelle prime fasi evolutive, sono state ripulite degli elementi leggeri, i gas, soffiati lontano dall'intensa radiazione solare (il citato *vento solare*): rimanendo solamente gli elementi pesanti questi poterono condensarsi costituendo piccoli pianeti densi e rocciosi. A grandi distanze dal sole i gas espulsi dal vento solare, hanno invece potuto condensarsi in regioni maggiormente fredde e accrescersi in grandi quantità attorno a iniziali corpi rocciosi che costituiranno i nuclei interni dei pianeti giganti. Quindi, vicino al Sole si sono aggregati tra di loro semplici elementi rocciosi, mentre a grandi distanze ha prevalso l'addensarsi del primitivo gas. Abbiamo raccolto i principali dati dei vari pianeti (includendovi quelli della Luna) nella seguente tabella riassuntiva che aggiorna e sostituisce quelli presenti in testi non più odierni.

Tabella dei principali dati numerici dei vari pianeti

Pianeta	Diametro	Distanza media dal Sole	Periodo di rotazione	Periodo di rivoluzione	Densità	Numero satelliti	Inclinazione dell'asse
Mercurio	4.876 km	58 mln km	58g 15h	87.9 g	5.4 g/cm ³	0	28°
Venere	12.106 km	108 mln km	243 g	224g	5.2 g/cm ³	0	3°
Terra	12.757 km	150 mln km	23h 56m	365g 6h	5.5 g/cm ³	1	23° 27'
<i>Luna</i>	3.476 km	384.400 km (T/L)	27g 8h	27g 8h	3.3 g/cm ³	-	6° 42'
Marte	6.780 km	224 mln km	24h 36m	687g	3.9 g/cm ³	2	23° 59'
Giove	142.984 km	778 mln km	9h 54m	11.64 a	1.3 g/cm ³	69	3° 05'
Saturno	120.536 km	1.43 mld km	10h 39m	29.42 a	0.7 g/cm ³	62	26° 44'
Urano	51.118 km	2.9 mld km	17h 18m	84 a	1.2 g/cm ³	27	82° 5'
Nettuno	49.532 km	4.5 mld km	16h 17m	164 a	1.7 g/cm ³	14	28° 48'

Mercurio.

Troppo piccolo per conservare con una sufficiente forza di gravità un'atmosfera, è morfologicamente molto simile alla Luna. Proprio come la Luna, presenta una superficie fortemente irregolare e disseminata da innumerevoli crateri, conseguenza del bombardamento meteorico che lentamente formò i pianeti a partire da semplici polveri. La mancanza di elementi erosivi che si accompagnano alla presenza di una atmosfera quali acqua, vento, tempeste e ghiacciai ha fossilizzato nel tempo un panorama primitivo, che risale alla formazione del pianeta. L'assenza di acqua e di atmosfera annulla ogni ipotesi di vita su Mercurio, che presenta oltretutto temperature massime minime estreme. Mercurio possiede un nucleo interno molto grosso, delle dimensioni lunari. Forse Mercurio era molto più grosso di oggi e un catastrofico urto con un altro corpo roccioso, avvenuto chissà quando, ne ha strappato con violenza la parte esterna. Il veloce raffreddamento del pianeta ha generato le numerose crepe superficiali che si osservano nelle immagini dell'ultima sonda che ne esplorato la superficie, la *Messenger*.

Venere.

E' il pianeta più facilmente osservabile ad occhio nudo, la sera dopo il tramonto (chiamato in questo caso *Vespero*) o il mattino prima del sorgere del sole (*Lucifero*). Ammantata perennemente in una densa atmosfera di soffocante anidride carbonica, Venere si presenta come il più infernale dei pianeti rocciosi. Vulcani attivi eruttano zolfo e anidride solforosa, che formano spesse nubi di acido solforico poste a circa 55 Km di quota. La pressione al suolo supera le 90 atmosfere e un fortissimo effetto serra porta i valori delle temperature ancor più in alto che su Mercurio: circa 500 gradi. Si tratta dunque di un pianeta invivibile, il cui aspetto ricorda la lontana preistoria della Terra. L'atmosfera venusiana è costantemente

sferzata da forti venti e non consente che a una minima parte della luce solare incidente di penetrare fino al suolo ed è quasi 60 volte più densa dell'aria che respiriamo sulla Terra. Il periodo di rotazione dura più di quello di rivoluzione: il giorno, insomma, dura più dell'anno. Il senso di rotazione del pianeta è inoltre contrario a quello degli altri pianeti: forse un immenso urto lo ha rovesciato nello spazio in epoche remote. Le ultime sonde che hanno avvicinato Venere sono la *Magellano* e la *Venus Express*.

Terra.

Il maggiore tra i pianeti tellurici è la nostra Terra. Dotato di una atmosfera di azoto ed ossigeno, ricco di grandi distese oceaniche e posto a una distanza dal Sole ottimale, il nostro pianeta ha sviluppato in ogni suo angolo un'incredibile varietà di forme di vita. Geologicamente attiva e sede di agenti erosivi dalla grande efficacia, la Terra ha cancellato quasi tutte le antiche ferite (*astroblemi*) inferte dalla caduta di materiale spaziale. Oggi gli equilibri ambientali della Terra sono gravemente minacciati da numerosi problemi causati dalla rapida evoluzione umana: inquinamento, effetto serra, piogge acide, desertificazione, deforestazione, mutamenti climatici, buco nell'ozono, sovrappopolazione, esaurimento delle risorse energetiche, alterazione della biodiversità, smaltimento delle scorie radioattive. L'urgenza di un radicale cambio di condotta pare ormai indifferibile per guardare fiduciosi al futuro dell'umanità.

Luna.

L'unico satellite della Terra è il corpo celeste più vicino a noi. Piccolo e roccioso, privo di atmosfera e dunque di qualunque scudo di difesa contro la caduta di materiale spaziale, la Luna condivide col fratello maggiore Mercurio molte somiglianze. La superficie è intensamente craterizzata, ampie distese di lava scura ricoprono la superficie dei cosiddetti mari, generati dalla collisione con corpi rocciosi di taglia asteroidale. Il suolo lunare è finemente polverizzato e abbastanza simile per composizione a quello terrestre. L'aspetto lunare è il medesimo da miliardi di anni fa: nessun tipo di agente può averne alterato la fisionomia. Con quasi totale certezza la Luna si è originata da un violento impatto della Terra con un altro protopianeta: il materiale proiettato dall'urto nello spazio avrebbe dapprima formato un anello in orbita attorno alla Terra e pian piano si sarebbe poi raccolto in un unico corpo. Nel 2009, Anno Internazionale dell'Astronomia, si è celebrato il quarantennale del primo sbarco degli astronauti della missione *Apollo 11* sul suolo lunare. Recentemente si è trovata traccia di ghiaccio all'interno di alcuni crateri siti ai poli del satellite, perennemente al riparo dalla luce solare. Si tratta con ogni probabilità del ghiaccio residuo di impatti di comete contro la superficie lunare avvenuti poco dopo la sua formazione. *Lunar Reconnaissance Orbiter* è il nome dell'ultima sonda inviata per una precisa mappatura lunare: la qualità delle sue immagini ha permesso di scorgere i sei veicoli spaziali delle missioni Apollo adagiati sul suolo lunare, ponendo definitivamente fine alla pretestuosa ipotesi di una finzione circa la reale conquista della Luna da parte degli Stati Uniti.

Marte.

Caratteristica di Marte è quella di presentare numerose analogie con la Terra, che hanno da sempre supportato la speranza di trovare tracce di vita sulla sua superficie. L'atmosfera marziana è costituita da anidride carbonica, ma sulla superficie del pianeta un tempo era presente una grande quantità di acqua liquida. Si ritiene che su Marte già in epoche remote si sia interrotto il normale ciclo dell'acqua e che dalla cessazione delle piogge si sia determinato il conseguente lento assorbimento dell'acqua presente da parte del terreno. Le moderne sonde hanno dedotto la presenza di acqua sotterranea fino a una profondità di 1700 metri. Numerose tracce dell'antico fluire dell'acqua sono state fotografate dalle sonde inviate verso Marte: laghi e fiumi, spesso appartenenti a vasti bacini orografici. Le calotte glaciali marziane sono costituite prevalentemente da ghiaccio di anidride carbonica e hanno un'estensione che varia col ciclo stagionale. L'alternarsi delle stagioni e il violento sublimare delle calotte polari all'arrivo del periodo estivo vede la formazione di venti impetuosi che originano immense tempeste di sabbia, che spesso offuscano il disco planetario. Su Marte troviamo i più grandi vulcani del Sistema Solare: il *Monte Olimpo* è alto circa 27.000 metri e presenta una base larga 600 Km. Molte sonde automatizzate hanno raggiunto Marte a partire dagli anni '70 e forse entro il 2025-2030 un equipaggio di 7 astronauti raggiungerà il pianeta rosso. Le missioni dei due rover alimentati a energia solare, *Spirit* e *Opportunity* (quest'ultimo ancora operativo dopo 14 anni di permanenza sul pianeta) hanno potuto esplorare vaste regioni compiendo numerosi esperimenti e inviando a Terra milioni di eccellenti fotografie. Oggi su Marte è in funzione l'avanzato

robot automatico *Curiosity*, un grosso rover attrezzato con numerosi strumenti di analisi cui sono stati delegati innumerevoli tipi di ricerca. Marte possiede due satelliti: *Phobos* e *Deimos*, scoperti da Asaph Hall nel 1897, in realtà due piccoli asteroidi probabilmente strappati alla vicina fascia classica.

Asteroidi.

In una regione compresa tra Marte e Giove troviamo la fascia degli asteroidi classici, corpi irregolari la cui modesta massa non ha permesso alla loro gravità di plasmarli in forma sferica. Un tempo si pensava che rappresentassero i resti sparpagliati di un pianeta roccioso andato distrutto, ma oggi prevale l'idea che tutto quel materiale costituisca in realtà uno o più pianeti mancati, che non furono cioè in grado di formarsi in un processo di accrezione. Causa di questa mancata formazione è stato certamente Giove, la cui vicinanza ha provocato forti influenze mareali che hanno disturbato e condizionato l'originaria materia presente in questa zona ai primordi della storia del Sistema Solare. Alcuni asteroidi possono venir espulsi dalle maree gioviane dalle loro orbite ed occuparne altre disordinate che intersecano quelle dei pianeti rocciosi. La possibilità che un asteroide colpisca il nostro pianeta, pur molto bassa, è diversa da zero. Oggi si tiene sotto controllo il moto degli asteroidi pericolosi e si studiano possibili strategie di difesa nell'eventualità di un impatto calcolato. L'estinzione di massa che sulla Terra pose fine al dominio dei dinosauri ebbe origine con la disastrosa caduta di un asteroide di circa 10 chilometri di diametro, precipitato 65 milioni di anni fa nella penisola dello Yucatan, che provocò un cratere largo 200 chilometri.

Giove.

Il più grande dei pianeti è un colosso gassoso composto da idrogeno, elio, metano e ammoniaca pesante 318 volte la Terra. Ciò che osserviamo di Giove al telescopio è la sua turbolenta atmosfera, aeriforme, sotto la quale esiste un oceano di idrogeno liquido, caratterizzato da gas altamente compresso. Al di sotto dello strato di gas liquido ne troviamo uno assai spesso costituito da gas così fortemente schiacciato e dunque denso da presentare la consistenza della roccia. Al centro di Giove esiste probabilmente un nucleo roccioso grande circa il doppio della Terra. L'atmosfera gioviana è costantemente in moto turbolento, che determina lunghe bande disposte parallele all'equatore. La natura gassosa di Giove lo porta a ruotare in modo differenziale, cioè con velocità che dipendono dalla latitudine che si considera: massima all'equatore e minima ai poli. Ciò provoca un costante rimescolamento delle fasce atmosferiche e la formazione di numerosi cicloni di forma ovoidale. La più grande tra queste strutture è la famosa Grande Macchia Rossa, grande tre volte la Terra, che costituisce un gigantesco uragano atmosferico. Giove, se fosse stato 30 volte più massiccio, avrebbe potuto diventare una stella, accendendosi come il Sole. Il mancato raggiungimento di una massa così notevole gli ha impedito di assistere all'innesco dei processi nucleari che al contrario caratterizzano il nucleo solare. Un corteo di 69 satelliti e un sistema di almeno 4 anelli polverosi e rocciosi completa la morfologia di questo imponente pianeta. I quattro maggiori satelliti di Giove, *Io*, *Europa*, *Ganimede* e *Callisto* furono scoperti dal cannocchiale di Galileo Galilei la notte del 7 gennaio 1610. Sotto le superfici ghiacciate degli ultimi tre citati esistono probabilmente grandi estensioni oceaniche, nelle quali a detta di molti scienziati potrebbero esistere le condizioni per l'esistenza di alcune forme di vita. Giove è stato visitato dalla sonda *Voyager* e dalla molto più moderna *Galileo*, che ne ha studiato attentamente le caratteristiche fisiche. È anche il nome dell'ultima sonda che abbia avvicinato per studiarlo questo pianeta. La più recente missione ha condotto la sonda *Juno* ad orbitare intorno ai poli del pianeta, offrendo immagini di una incredibile risoluzione e spettacolarità.

Saturno.

Il suo complesso sistema di anelli, visibile già in piccoli telescopi e costituito da innumerevoli detriti ghiacciati, lo rendono certamente il più bello tra i pianeti. Secondo per grandezza, Saturno è un gigante gassoso il cui peso specifico è tuttavia così basso che se esistesse un oceano tanto grande da contenerlo, esso galleggerebbe. Le analogie col poco più grande Giove sono moltissime, dalla composizione chimica alla mutevolezza atmosferica, dalla struttura a bande delle formazioni atmosferiche al grande numero di satelliti (62). Enormi tempeste, lunghe qualche volta la Terra, sono state osservate sia lungo le bande equatoriali che ai poli; in particolare al polo nord è presente una misteriosa formazione di forma esagonale della quale non è stata ancora spiegata l'origine. Gli anelli sono a migliaia, concentrici e complanari, si estendono per quasi 400.000 chilometri, ma presentano uno spessore in confronto modestissimo: non oltre un chilometro. Il ghiaccio in essi contenuto potrebbe trasformarsi in tanta acqua da superare di 1000

volte quella presente nell'idrosfera terrestre. Il telescopio spaziale *Spitzer*, operante nell'infrarosso, ha scoperto recentemente un ulteriore anello esterno, di enormi proporzioni e assai distante dal pianeta, principalmente composto da polveri. Tra i satelliti di Saturno si distingue Titano, che è anche il maggiore. Presenta un'atmosfera con alcuni punti di somiglianza a quella terrestre e numerosi laghi di metano liquido sulla sua superficie. Saturno è stato studiato da vicino dalla sonda *Cassini*, che dal 2004 al 2017 ha inviato regolarmente splendide immagini del *Signore degli anelli*.

Urano.

Sconosciuto agli antichi per via della sua bassa luminosità, appena percepibile ad occhio nudo, Urano venne scoperto casualmente il 13 marzo del 1781 da un astrofilo britannico, William Herschel. Raggiunto dalla sonda *Voyager* nel 1986, questo pianeta mostra strutture simili a quelle di Giove, ma molto più deboli, in quanto celate da nebbie di metano. La composizione chimica risulta essere: idrogeno, elio, metano, ammoniaca e ghiaccio d'acqua. Caratteristica principale di Urano è quella di presentare l'asse di rotazione praticamente adagiato sul piano orbitale e un sistema di anelli non troppo complesso. Dal moto irregolare di Urano il francese *Urbain Le Verrier* e l'inglese *Charles Adams* supposero la presenza di un ulteriore sconosciuto pianeta, ancora più lontano.

Nettuno.

Scoperto dal tedesco Galle la notte del 23 settembre 1846 sulla base dei calcoli di Le Verrier e di Adams, Nettuno è il più piccolo dei giganti gassosi. Il pianeta è stato raggiunto dalla sonda *Voyager* nel 1989, alla quale si è presentato di un bel colore azzurro, dovuto all'atmosfera ricca di metano. Simile per composizione a Urano, il pianeta mostra lungo l'equatore sottili nubi di metano ghiacciato e formazioni atmosferiche che ricordano da vicino quelle di Giove. Nettuno possiede due anelli molto deboli e chiude la regione del Sistema Solare in cui si osservano i pianeti propriamente detti.

Regioni esterne del Sistema Solare: il regno dei TNO, transneptunian objects.

Plutone, raggiunto nel 2015 dalla sonda *New Horizons*, venne scoperto con il metodo del confronto di fotografie riprese in tempi successivi da Clyde Tombaugh nel gennaio 1930 e per oltre 70 anni, trovandosi in orbita intorno al Sole, lo si è normalmente ritenuto il nono pianeta del Sistema Solare. A partire dal 1973 l'astronomo olandese Gerard Kuiper sospettò che le caratteristiche orbitali, la composizione chimica e le modeste dimensioni di Plutone fossero in contrasto con quelle dei giganti gassosi che regnano in questa regione di spazio, suggerendo che i pianeti propriamente detti finissero con Nettuno e che dopo di esso esistesse una seconda cintura di asteroidi, molto più estesa di quella che si colloca tra Marte e Giove. Questa nuova cintura di corpi celesti orbitanti, di cui Plutone con i suoi 2.370 km di diametro è il componente maggiore, venne successivamente scoperta e chiamata con il nome di **cintura di Kuiper** (*Kuiper belt*). Con il progredire degli studi fu poi possibile comprendere che tale regione di spazio era non solamente molto più ampia del previsto, estendendosi da poco dopo Nettuno fino a circa 150 miliardi di chilometri dal Sole, ma anche assai articolata, suddivisa in raggruppamenti di famiglie di corpi gestiti dai loro reciproci rapporti gravitazionali. Oggi, per semplicità, si definisce con il termine già ricordato **TNO** l'insieme di tutti i corpi celesti presenti al di là del pianeta Nettuno, indipendentemente dalla loro posizione, natura o grandezza.

Volendo operare una suddivisione dei corpi celesti presenti all'interno di questa variegata regione di spazio, si è proceduto a ripartirla in ragione della distanza dal Sole in tre principali settori. Il primo settore ospita i corpi che si trovano dopo Nettuno e risentono dei suoi effetti mareali; esso si estende fino a 6 miliardi di chilometri dal Sole. In esso troviamo i **Plutini**, tra i quali ricordiamo, oltre ovviamente a Plutone, Radamante, Orcus, Issione, Huya, Lempo e la famiglia dei **Twotini**. Più lontano, a partire da circa 8 miliardi di chilometri dal Sole, si estende la cintura di Kuiper propriamente detta, abitata da una moltitudine di corpi celesti chiamati **KBO** (Kuiper belt objects) o anche **Cubewani**. Tra di essi sono noti Quaoar, Albion, Altjira, Logos, Borasiti, Makemake, Chaos, Salacia, Deucalion, Teharonhiawako, Haumea, Varda e Varuna. Ancora più lontano dal Sole la cintura di Kuiper sfocia in un esteso alone di corpi celesti detto **disco diffuso** (Scattered disk), all'interno del quale conosciamo Eris, di dimensioni paragonabili a

quelle di Plutone. La natura e composizione dei corpi della cintura di Kuiper diventa con l'aumentare della distanza dal Sole sempre meno rocciosa e sempre più ghiacciata.

All'interno della vastissima famiglia dei corpi minori del Sistema Solare confinati entro le due principali cinture asteroidali, gli studiosi ne hanno individuati 5 con caratteristiche fisiche simili, pur posizionati in regioni assai differenti tra loro: Cerere (facente parte della cintura classica presente tra Marte e Giove), Plutone (un KBO-Plutino), Haumea, Makemake (due KBO-Cubewani) ed Eris (presente nel disco diffuso). Questi corpi condividono il fatto di presentare una massa sufficiente affinché la loro gravità possa plasmarne l'aspetto in una forma sferoidale e il non essere riusciti a ripulire con la propria azione attrattiva le vicinanze delle loro orbite dai detriti presenti. Per essi, e solo per essi, è stato coniato il noto nome di **pianeti nani**. Con il termine **plutoide**, invece, si indicano tra i pianeti nani quelli che si trovano al di là di Nettuno: in pratica tutti i pianeti nani sono anche dei plutoidi, ad eccezione di Cerere.

La Nube di Oort.

Molto oltre i confini della cintura di Kuiper, *Jan Oort* scoprì che il Sistema Solare è avviluppato da una sorta di bolla esterna, la cui estensione giunge a sfiorare la metà della distanza che ci separa dalla stelle più vicine. L'idea dell'esistenza di questa immensa bolla è stata suggerita dal fatto che le comete in avvicinamento al Sole possono provenire da qualunque punto della sfera celeste e non solamente da regioni situate sul piano orbitale dei pianeti. Sulla superficie virtuale di questa bolla, con tutta certezza residuo esterno della formazione dell'intero Sistema Solare, sono per così dire parcheggiate migliaia di miliardi di comete, che a seguito di una influenza gravitazionale o di una onda d'urto esterna possono mettersi in moto in direzione del Sole. Il loro lungo viaggio può andare incontro a cinque differenti destini:

- 1- possono venire attratte nel corso del loro moto dalla gravità dei pianeti giganti, finendo per impattarci contro, come è successo alla cometa Schoemaker-Levy 9 schiantatasi contro Giove nell'anno 1994;
- 2- possono venire distorte dalla loro traiettoria dalla gravità dei pianeti giganti e finire prigioniere attorno ad essi su orbite stabili, come nel caso del satellite di Saturno *Phoebe*, in realtà una antica cometa;
- 3- possono terminare la loro corsa vaporizzandosi sul Sole, come succede a decine di comete l'anno;
- 4- possono compiere il proprio giro attorno al Sole e tornare nello spazio da dove sono venute (*comete sporadiche* o *occasionalì*) e dunque non ripresentarsi mai più;
- 5- possono rimanere intrappolate dalla gravità solare su orbite strette e dunque torneranno a rendersi regolarmente visibili secondo il proprio periodo (*comete periodiche*).

Una cometa è definita da tre elementi morfologici: il *nucleo* (di ghiaccio e roccia), la *chioma* (di polvere e detriti rocciosi) e la *coda* (di polvere e *ioni*). Le dimensioni di una cometa vanno dal chilometro ai 250 chilometri. Quando una cometa viaggia in direzione del Sole il suo calore scioglie lentamente il ghiaccio della crosta superficiale in cui sono intrappolati i detriti rocciosi. Questi restano confinati dalla gravità nella chioma in prossimità della cometa, ma quando la vicinanza al Sole è notevole, il flusso di energia e di particelle emesse dalla nostra stella (il *vento solare*) che colpiscono la cometa fa letteralmente volare via tutti questi detriti, generando le eleganti code che sono l'aspetto più popolare di questi corpi celesti. Tra le più celebri comete recenti ricorderemo la *Halley*, transitata nel 1986, la *Hyakutake*, apparsa nel 1996 e la meravigliosa *Hale Bopp*, che è transitata maestosa nel 1997.

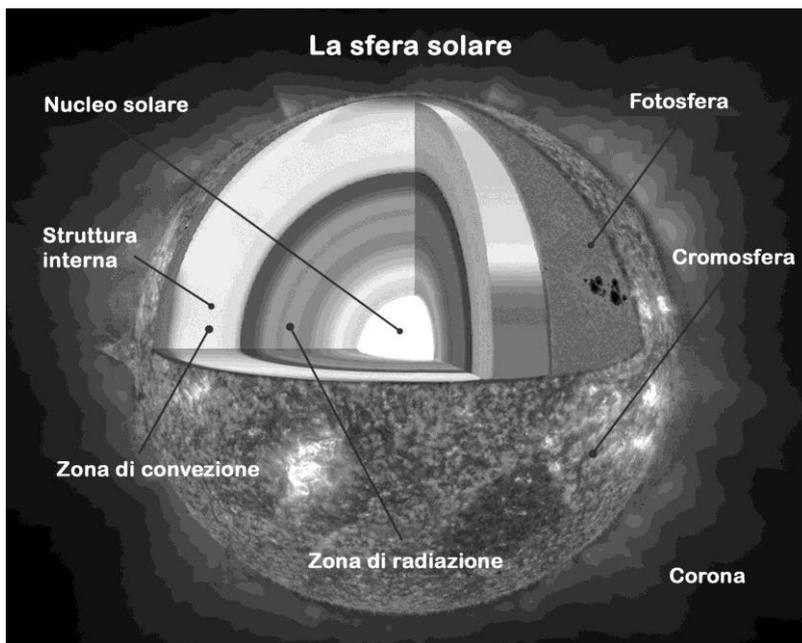
Il Sole.

Centro dinamico dell'intero Sistema solare, il Sole riunisce in sé numerosi primati: anzitutto è il corpo di maggior massa dell'intera famiglia, costituendo da solo il 99,8 % della materia presente. Il Sole è poi la stella a noi più vicina. La definiamo *stella* in quanto irraggia nello spazio luce e calore propri, più in generale *energia* propria, prodotta da grandiosi processi di fusione nucleare che hanno continuamente luogo

al suo interno. Il Sole rappresenta poi il luogo dove troviamo le condizioni fisiche più estreme: pressioni, temperature e densità raggiungono valori neanche immaginabili, senza parlare della spettacolarità dei fenomeni che si accompagnano alla incredibile produzione di energia. Non stupisce quindi che numerosi popoli abbiano guardato al Sole come a una divinità, consapevoli dell'assoluta importanza della sua presenza in cielo per ciascuna delle forme di vita che abitano il pianeta.

a) Struttura del Sole.

Il Sole può essere paragonato per semplicità ad una pesca: anche lui presenta una sorta di buccia esterna, una polpa e un piccolo nocciolo centrale. Se fosse possibile tagliare in due il Sole, potremmo facilmente osservarne la zona più interna, chiamata *nucleo solare*. Tutte le stelle posseggono il loro nucleo, che è la zona dove si produce l'energia. La buccia del Sole prende il nome di *fotosfera* (dal greco antico *sfera della luce*), sede di parecchi fenomeni energetici quali la *granulazione*, le *fàcole* e le famose *macchie solari*. In realtà il Sole non ha una superficie vera e propria, essendo un globo gassoso. Tra la buccia e il nucleo c'è quella che abbiamo paragonato alla polpa della pesca: si tratta di uno spesso strato che gli astronomi suddividono in due differenti livelli: la *zona di radiazione*, subito sopra il nucleo e la *zona di convezione*, che giunge fino in superficie a contatto con la soprastante fotosfera. Sebbene invisibile alla normale osservazione, sopra la fotosfera esiste un altro sottile strato, detto *cromosfera*, che ospita violenti fenomeni energetici di enorme spettacolarità: le *protuberanze*, immensi getti di materiale solare che si innalzano verso l'esterno, che possono arrivare ad estendersi fino a 400.000 chilometri dal lembo del Sole. Infine, sopra la cromosfera, troviamo la *corona solare*, una specie di atmosfera del Sole, assai rarefatta, che circonda il Sole spingendosi fin'oltre l'orbita di Saturno. Attraverso zone di minore densità, dette *buchi coronali*, sfugge verso lo spazio il noto *vento solare*, sospinto con violenza fino a distanze di centinaia di miliardi di chilometri dal Sole.



b) Osservazione al telescopio.

L'immagine del Sole si presenta alla visione con il telescopio (*assolutamente indispensabile* l'impiego di un energetico filtro che riduca a valori accettabili il suo accecante bagliore) come una sfera regolare di colore chiaro, costellata qua e là da effimere strutture di varia forma ed estensione chiamate *macchie solari*. L'osservazione telescopica di quella che appare come la superficie solare (apparente perché il Sole è un globo gassoso) permette di poter rintracciare altri aspetti e fenomeni che ci parlano dell'energia del Sole. Accanto alle già citate macchie è possibile osservare anche la *granulazione* e le *regioni facolari*.

c) Produzione dell'energia solare.

Ciascuna stella dell'Universo brilla come il nostro Sole in quanto costituisce una meravigliosa centrale nucleare in equilibrio pressoché perfetto, al cui interno si cela un nucleo ove si produce l'energia che poi viene irraggiata nello spazio, che i nostri occhi percepiscono sotto forma di luce. All'interno del Sole la pressione immensa cui è sottoposto il gas idrogeno, porta le temperature del nucleo a valori pari a circa 15 milioni di gradi. A questa temperatura l'idrogeno non si limita a bruciare come in una comune reazione chimica, ma alimenta complesse *reazioni nucleari* che liberano una quantità di energia prodigiosa. L'emissione energetica del Sole è pari a 382.000 miliardi di miliardi di Kw/h, una quantità di energia sbalorditiva che far comprendere richiederebbe il lavoro simultaneo di tutte le 500 centrali nucleari oggi operanti sulla Terra per 6 milioni di anni. Il Sole non brucia quindi semplicemente come un immenso

fuoco, così come piace credere ai bambini. E' importante comprendere che una normale combustione, come quando diamo fuoco alla legna nel caminetto o bruciamo il metano per cucinare, è terreno della chimica, mentre ciò che avviene nel cuore del Sole è dominio esclusivo della fisica atomica, trattandosi di reazioni di fusione nucleare.

Il processo energetico che avviene nel cuore del Sole è chiamato *catena protone-protone*, al quale accenniamo nella maniera più semplice possibile. Tutto inizia con l'incontro, forzato dall'immensa pressione centrale del Sole, di due protoni, che sono i due nuclei di due singoli atomi di idrogeno, entrambi carichi positivamente e dunque naturalmente inclini a respingersi. Dall'incontro dei due protoni si forma il *deuterio*, composto da un protone e da un neutrone. Successivamente al deuterio si aggiunge un altro protone, che andrà a costituire l'*elio3* (composto da due protoni e un neutrone). Quando infine due differenti nuclei di elio 3 si combinano, la reazione si conclude con la formazione di un nucleo di elio4. Nel corso della reazione l'energia che si libera lo fa sotto forma di *raggi gamma*, i quali impiegano peraltro molti milioni di anni per risalire in direzione della fotosfera e abbandonare poi il Sole. Per mantenere acceso il Sole la fornace nucleare ha bisogno di *4 milioni e mezzo di tonnellate* di idrogeno...al secondo! Dunque il Sole trasforma l'idrogeno in elio e quindi, prima o poi, nel suo nucleo non ce ne sarà più, tutto trasformato in elio. Ciò avverrà tra 5 miliardi di anni e coinciderà con l'inizio della silenziosa morte della nostra stella.

d) I numeri del Sole:

Classificazione: stella nana gialla di classe spettrale G2 V.
Diametro: 1.391.994 chilometri.
Diametro (Terra = 1): 109,25.
Volume: 141.000. 000.000.000. 000.000.000. 000.000.000 metri cubi.
Volume (Terra = 1): 1.303.800.
Massa: 1.989. 000.000.000. 000.000.000. 000.000.000 tonnellate.
Massa (Terra =1): 332.831.
Distanza massima dalla Terra: 152.100.000 chilometri.
Distanza minima dalla Terra: 147.100.000 chilometri.
Distanza media dalla Terra: 149.597.000 chilometri.
Temperatura fotosferica; 5.700°.
Temperatura del nucleo: 15.000.000°.
Densità media: 1,409 grammi per centimetro cubo.
Densità media (Terra =1): 0,255.
Densità nel nucleo: 160 grammi per centimetro cubo (160 Kg per litro).
Periodo di rotazione all'equatore: 26,8 giorni.
Gravità superficiale (Terra =1): 27,9.
Brillantezza superficiale (Luna piena =1): 398.000.
Flusso di radiazione: 382.000. 000.000.000. 000.000.000 Kw/h
Età: 4,57 miliardi di anni.

La Galassia.

Il nostro Sistema Solare, sebbene agli occhi degli uomini appaia di immense proporzioni, in realtà è un piccolissimo luogo della periferia esterna di una sterminata famiglia di stelle, tutte mantenute raccolte dalla gravitazione universale, che chiamiamo *Via Lattea*. Il diametro della nostra galassia, la cui forma ricorda quella di un piatto o di un disco, è di 100.000 anni luce, mentre il suo spessore è circa di 3.000 anni luce. Al suo interno centinaia di miliardi di stelle ruotano intorno al denso nucleo, che nelle fotografie appare bianco in quanto saturato dalla luce sovrapposta di miliardi di astri. La struttura della Via Lattea, simile a quella di moltissime altre galassie, presenta un elegante disegno a spirale, con ampie spire che si raccolgono stringendosi attorno al nucleo. All'interno delle spire è presente molto materiale interstellare, costituito soprattutto da grandi nubi gassose e polvere. All'interno di queste regioni nebulari sono in atto gli affascinanti processi formativi delle stelle. Ai tempi di Galileo si riteneva che la Terra fosse al centro

dell'Universo e ci volle tutta la forza della rivoluzione culturale operata da Copernico nel 1543 per spostare la centralità del Cosmo nel Sole. Oggi sappiamo che il Sole è una normale piccola stella dispersa in un oceano di stelle, la Via Lattea, in lentissima rotazione: per completare un giro, ci vogliono 240 milioni di anni. La Via Lattea è separata dalle altre galassie conosciute da distanze inimmaginabili: la più vicina tra di esse, la galassia di Andromeda, dista 2.256.000 anni luce, cioè 22.560.000.000.000.000 chilometri!

La nascita delle stelle.

Quando all'interno di una grande nube gassosa la gravità o l'onda d'urto dell'esplosione di una supernova comincia a mescolare e condensare la materia, addensandola, assistiamo alle primissime fasi evolutive che originano le stelle. Queste nascono non isolatamente, ma a gruppi, all'interno degli intrecci disordinati di gas e polveri delle nebulose. Il principale elemento della nebulosa originaria, l'idrogeno, andrà a formare i grandi involucri gassosi dai quali nasceranno le stelle e costituirà la loro principale fonte di energia. Il processo di formazione stellare dura molto tempo, nel quale lentamente si accumulano grandi quantità di idrogeno in densi corpi informi che gli astronomi chiamano *protostelle*. Affinché una protostella si accenda, diventando così una stella che emette energia nello spazio, è necessario che si accumulino così tanto gas da generare al suo interno pressioni elevatissime. Quando nel cuore della protostella la pressione è tale da far vincere la naturale repulsione elettrica tra i singoli protoni che formano i nuclei degli atomi di idrogeno, allora questi possono iniziare a fondersi in nuclei di elio, dando vita a tumultuose reazioni nucleari che producono immense quantità di energia diretta all'esterno: è nata una stella. L'iniziale periodo della vita di una stella è dominato dall'incertezza e dall'irregolarità, ma lentamente l'astro raggiunge un equilibrio stabile che la farà brillare in modo quasi perenne per milioni o miliardi di anni.

Caratteristiche fisiche delle stelle.

Una stella non può essere studiata in laboratorio. Un astronomo non può analizzarla tagliandola in due o mettendola sotto a una lente come ad esempio fa il biologo con un'ala di insetto. Tutto ciò che sappiamo delle stelle lo dobbiamo all'analisi di quel po' che le stelle ci donano: la loro luce. La luce delle stelle ci informa su molti dei loro aspetti fisici, oggetto della scienza degli astri, l'*astrofisica*. Gli astronomi hanno saputo per esempio comprendere che esistono stelle piccole e stelle molto grandi, correlando il colore delle stelle alla loro temperatura e scoprendo così che le stelle rosse sono le più fredde (3.500°), che quelle gialle come il Sole sono un po' più calde (6.500°), che quelle di color bianco lo sono ancor di più (11.000°) e che le più calde in assoluto sono quelle azzurre (25.000°). E' stato inoltre possibile comprendere dall'*analisi spettroscopica* della luce delle stelle (una tecnica che permette di individuare la presenza di determinati elementi chimici) quale fosse la composizione delle loro atmosfere e risalire al quadro generale della loro evoluzione. E' così possibile determinare l'età di una stella e prevedere quanto a lungo vivrà ancora. Infine, dalla semplice luce stellare si può comprendere se una stella sia sola o accompagnata da un astro vicino, se sia in movimento rispetto a noi e se si in quale direzione. E oggi, con le moderne tecnologie a disposizione, possiamo perfino capire se la stella possiede dei propri pianeti in orbita.

La morte delle stelle.

Una stella può contare su di una vita generalmente molto lunga, la cui durata dipende tuttavia dalla sua massa iniziale, in buona sostanza da quanto è grossa la stella al tempo della sua formazione. Stelle piccolissime non si accenderanno mai, poiché non raggiungeranno i livelli di pressione necessari all'avvio delle reazioni nucleari al loro interno. Giove è un esempio di stella mancata, che gli astronomi definiscono *nana bruna*. Se la massa della stella è sufficiente a condurre all'avvio delle reazioni nucleari, la probabile vita della stella sarà di miliardi di anni. Quando tuttavia nel nucleo finirà l'idrogeno, tutto convertito in elio, la stella si avvierà alle sue ultime fasi di vita. L'edificio stellare è retto da due straordinarie forze che per tutto il tempo in cui una stella brilla si contrastano in una sorta di braccio di ferro siderale. La prima è la pressione delle reazioni che dal nucleo preme verso l'esterno; l'altra è la forza di gravità, che spinge verso il

centro: l'equilibrio che ne deriva viene chiamato *idrostatico* e dura finché c'è combustibile nel nucleo della stella. Quando l'equilibrio viene meno, una serie di contrazioni e di spasmi interni alla stella determinano il distacco dei suoi gusci esterni. Questi verranno rilasciati nello spazio, sotto forma di colorate bolle rotondeggianti, che ricordando la forma dei pianeti sono dette *nebulose planetarie*. Quanto resta della stella, vinto dalla gravità, collasserà sotto il proprio peso verso il centro, andando a schiacciarsi per divenire una massa di gas caldo incapace di produrre energia. Si forma allora una *nana bianca*, cadavere stellare che raffreddandosi si trasformerà in *nana nera*, un cumulo di gas freddo tenuto assieme dalla sua stessa forza di gravità.

Per le stelle di massa maggiore le cose vanno diversamente. Dopo numerose contrazioni che di volta in volta accendono nel loro nucleo le ceneri delle precedenti reazioni nucleari, trasformandole in elementi ancora più pesanti, alla fine nulla può più essere utilizzato per contrastare la gravità e la stella subisce il collasso finale. Questo si traduce in un apocalittico crollo della stella verso il suo stesso centro, cui fa seguito un rimbalzo verso l'esterno che veste le spettacolari forme di una immane esplosione: chiamiamo questo raro fenomeno distruttivo *supernova*. Ciò che sopravvive alla terribile esplosione può diventare qualcosa di veramente incredibile: una *stella di neutroni* (nota anche col nome di *pulsar*) o un *buco nero*. La prima è costituita dall'originale nucleo stellare super compattato dalla gravitazione, talmente denso da annullare perfino ogni spazio atomico: nella materia di questo corpo celeste gli elettroni vengono a diretto contatto dei protoni, cosicché la carica positiva dei protoni si annulla a contatto della carica negativa degli elettroni, divenendo appunto tutti neutroni. Densità del genere permetterebbero a una mela di pesare quanto il monte Everest.

La fine per noi più spettacolare di una stella di grande massa si accompagna alla formazione di un corpo sfuggente e misterioso il cui nome è buco nero. Esso è costituito da una concentrazione di massa talmente esagerata che la gravità di questo corpo diviene infinita. Pertanto da questo luogo non può uscire proprio nulla: un messaggio inviato con il telefonino, il boato di un'esplosione, un profumo, un proiettile sparato da un cannone e nemmeno la luce, perché neppure la straordinaria velocità che la contraddistingue è sufficiente per fuggire vincendone la forza di gravità e dunque il buco è *nero*, cioè non può emettere segnali luminosi. Più tecnicamente, come ci insegna Einstein, un buco nero è caratterizzato da una curvatura della trama dello *spaziotempo* talmente pronunciata da chiudersi su sé stesso, isolandosi dal resto dell'Universo. Esiste un confine, chiamato *orizzonte degli eventi*, che separa l'interno del buco nero dall'esterno, oltrepassato il quale nessuno e niente potrebbe più uscirne, una sorta di membrana a senso unico: ci si può entrare, ma non più uscire. La materia in ingresso in un buco nero viene sottoposta a forze gravitazionali talmente potenti da venir distrutta nelle sue particelle base, dunque non potremmo vedere cosa è stato ingoiato in un buco nero. Oggi le teorie sui buchi neri indicano che essi, sebbene entità mostruose che inglobano al loro interno tutto quanto si avvicini troppo al loro campo gravitazionale, potrebbero semplicemente evaporare nel giro di miliardi di anni, insomma svanire così come si dissolve un uragano. Le situazioni fisiche che regnano nei pressi e all'interno di un buco nero, nonché le implicazioni relative ai loro effetti spazio temporali resteranno ancora per molto tempo oggetto dei moderni studi teorici.

Le famiglie di stelle.

Le stelle nascono in gruppi e amano rimanere riunite in famiglie variamente composte, dando origine a spettacolari giochi di luce e colore. La famiglia più ristretta che si conosca è quella costituita da due astri legati reciprocamente dalla mutua attrazione gravitazionale. Si parla in questo caso di *stella doppia*. Esistono anche le stelle *triple* e i *sistemi multipli*, costituiti da numerosi componenti. Quando il numero delle stelle riunite dalla gravità diviene consistente, allora si parla di *ammasso stellare*. Gli ammassi possono essere di tipo aperto, con le stelle (fino a molte centinaia) distribuite in una medesima regione di spazio in maniera disordinata. Un famoso esempio di ammasso aperto è quello delle Pleiadi, visibili facilmente ad occhio nudo nella costellazione del Toro. Quando le stelle si contano a centinaia di migliaia e la loro disposizione ricorda quella di un gomito luminoso, allora si parla di *ammasso globulare*. Gli ammassi aperti giacciono lungo le spire della Galassia, mentre gli ammassi globulari sono distribuiti tutt'attorno ad essa, un po' come i moscerini che svolazzano intorno a un fanale. Le famiglie più grandi che troviamo nell'Universo

sono le *galassie*. Abbiamo visto che la nostra Galassia è una grande metropoli siderale, e di galassie come la Via Lattea se ne contano a miliardi. Ciascuna galassia contiene miriadi di stelle, materiale interstellare che concorre alla formazione di nuove stelle e chissà quanti pianeti... Le galassie formano strutture su scala molto grande che chiamiamo *ammassi di galassie*. Un ammasso di galassie può essere composto da un centinaio di galassie che si attraggono reciprocamente, sebbene le distanze tra i singoli elementi del gruppo si misurino con l'ordine dei milioni di anni luce. Gli ammassi di galassie si riuniscono in strutture ancora più grandi, dette *superammassi di galassie*, la cui collocazione nello spazio consente di descrivere la distribuzione della materia nell'universo. L'universo sembra costituito da immense bolle di vuoto, sulla cui superficie virtuale si annidano raggruppandosi come ragnatele i superammassi di galassie. Tutto ciò che possiamo osservare con i moderni telescopi sta vivendo un moto di *espansione generale* imputabile all'iniziale impeto del *Big Bang*, la primigenia esplosione che diede origine al nostro universo. Lo studio dell'origine del cosmo, della sua evoluzione nel tempo e della sua eventuale fine è l'oggetto di studio della *cosmologia*, la scienza del tutto.

Nuove frontiere per la ricerca: i *pianeti extrasolari*, o esopianeti.

Tra le tante domande ancora in attesa di una risposta, fino a qualche anno ce n'era una molto stimolante: intorno alle altre stelle della Galassia ci sono dei pianeti in orbita, come nel caso del Sole? E' molto difficile scoprire pianeti attorno ad altre stelle, perché i pianeti sono generalmente davvero molto piccoli rispetto alle dimensioni della loro stella e considerato che le stelle del cielo ci appaiono come semplici puntini un eventuale pianeta risulterebbe del tutto invisibile a causa della sua minuscola taglia. In più è necessario considerare che i pianeti, corpi opachi, scomparirebbero annegati nel forte splendore della stella, che li renderebbe comunque invisibili. Nondimeno, negli ultimi vent'anni in questo campo di ricerca si sono compiuti giganteschi progressi e gli scienziati sono stati capaci di mettere a punto ben sei differenti tecniche per scovare pianeti in orbita alle stelle distanti, messe con successo a frutto dal telescopio spaziale Kepler, progettato proprio per questo scopo.

I primi esopianeti scoperti hanno le caratteristiche del nostro Giove, sono cioè molto grandi e dunque osservabili con maggiore facilità, tuttavia man mano che le tecniche si affinavano siamo stati capaci di scoprire anche pianeti di taglia minore, fino ad individuarne di simili alla nostra Terra. A tutt'oggi si conoscono circa 4.000 esopianeti, presenti anche sotto forma di veri e propri sistemi planetari. Queste scoperte confinano davvero da vicino con la ricerca di altra vita nell'Universo. Molti dei pianeti scoperti non sono adatti alla vita per come la conosciamo, risultando troppo caldi o troppo freddi, oppure perché orbitano intorno a una stella con caratteristiche diverse da quelle solari, ma il numero complessivo dei pianeti esistenti dovrebbe comunque consentire di immaginarne qualcuno di vivibile. Non dobbiamo poi dimenticarci del fatto che il numero delle galassie è straordinario e che pertanto il numero probabile di pianeti non solamente viventi, ma abitati da civiltà tecnologiche potrebbe risultare elevatissimo. Questi affascinanti argomenti costituiscono il terreno di studio di una scienza piuttosto giovane, l'astrobiologia.

Breve dizionario astronomico.

Anno-luce. E' una misura delle distanze astronomiche e dunque indica una quantità di spazio e non di tempo. Come il metro o il chilometro, anche l'anno luce esprime infatti una distanza. La luce viaggia nello spazio a circa 300.000 chilometri al secondo, cioè un miliardo di chilometri l'ora circa. Dunque, in un anno, che contiene circa 31 milioni e mezzo di secondi, la luce percorre nel vuoto qualcosa come diecimila miliardi di chilometri. Questa quantità di spazio si chiama anno-luce. Tradurre una distanza nel tempo che serve a percorrerla non deve stupire: quando andiamo in montagna, anche le distanze per raggiungere un certo rifugio o una certa vetta sono espresse in ore (*tempo*) e non in chilometri (*spazio*).

Big Bang. E' uno dei modelli cosmologici formulati nel tentativo di spiegare origine ed evoluzione dell'Universo che osserviamo. Esso si basa, come ricorda il suo nome (grande scoppio) sull'idea che

circa 14 miliardi di anni fa il cosmo prese ad espandersi con una velocità elevatissima a partire da originarie condizioni caratterizzate da temperatura e densità estreme, fase che perdura tuttora. La visione del Big Bang come immane esplosione avvenuta in un Universo pressoché vuoto perché tutta la materia era concentrata in un punto è errata. In realtà lo spazio non esisteva, perché lo spazio e anche il tempo nascono proprio nell'istante del Big Bang. Fu, insomma, non una esplosione avvenuta *nello* spazio, ma piuttosto l'esplosione *dello* spazio. Il modello è supportato da alcune prove, la più convincente delle quali è stata la *radiazione fossile di fondo*, la radiazione residua proveniente dalle fasi iniziali della nascita dell'universo.

Forza di gravità. La gravità è una delle quattro forze fondamentali che regolano l'intero universo. In meccanica classica la gravità risulta essere una forza conservativa che si manifesta fra corpi dotati di massa. Nel libro *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* del 1687, Isaac Newton enunciò così la legge di gravitazione universale: "qualsiasi oggetto dell'Universo attrae ogni altro oggetto con una forza diretta lungo la linea che congiunge i baricentri dei due oggetti, di intensità direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse ed inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza". Si trattava dunque di una forza che si riteneva si propagasse direttamente tra due corpi, così che potremmo quasi definire la Luna al guinzaglio della Terra. Albert Einstein diede della gravitazione una spiegazione differente e molto spettacolare. Per lui la gravità non era una forza, ma il risultato della deformazione geometrica dello spazio operata dai corpi dotati di massa. In altre parole, così come una palla di metallo deforma una superficie elastica sulla quale venga appoggiato, così la massa (ad esempio di una stella) deforma la trama del cosiddetto spazio-tempo, determinando un avvallamento. Perché i pianeti ruotano intorno al Sole secondo Einstein? Perché il Sole determina un avvallamento di questo tipo e i pianeti hanno la tendenza a rotolarci dentro rotolando lungo uno spazio incurvato. Il grande fisico Wheeler affermò: la massa dice allo spazio come incurvarsi e lo spazio dice alla massa come muoversi.

Leggi di Keplero.

Prima legge (1608). L'*orbita* descritta da un *pianeta* è un'*ellisse*, di cui il *Sole* occupa uno dei due *fuochi*.

Seconda legge (1609) o legge delle aree. Il *raggio vettore* che unisce il centro del Sole con il centro del pianeta descrive (spazza) *aree* uguali in *tempi* uguali.

Terza legge (1619). I quadrati dei *periodi di rivoluzione* dei pianeti sono direttamente proporzionali ai cubi dei *semiassi maggiori* delle loro orbite.

Nebulosa. E' una nube interstellare di gas e polveri, spesso contenente anche detriti, rimanenza dalla formazione o dall'esplosione di corpi vicini ad essa. Le nebulose vengono suddivise a seconda della loro forma e composizione. Il termine era in origine usato per ogni corpo astronomico che non fosse puntiforme, inclusa ogni galassia fuori dalla Via Lattea.

Principali tipi di *nebulose*:

- Nebulosa oscura: formata principalmente da polveri, è una nube abbastanza densa da bloccare la luce proveniente delle stelle dietro ad essa;
- Nebulosa ad emissione: visibile in quanto risplendente di luce propria. La presenza al suo interno di stelle caldissime eccita il gas fino a farlo splendere, un po' come succede in una lampada al neon;
- Nebulosa a riflessione: visibile in quanto il gas è illuminato dalla luce di stelle vicine;
- Nebulosa planetaria: risultato dell'espulsione degli strati esterni di una stella morente.
- Nebulosa solare: l'ipotetica nebulosa da cui si originò il Sistema Solare.

Pianeta. Corpo celeste opaco (che cioè non rilascia energia propria originata da reazioni nucleari) in orbita attorno ad una stella, la cui massa è sufficiente a conferirgli una forma sferoidale e la cui fascia orbitale è priva di eventuali corpi di dimensioni confrontabili o superiori. Tale definizione è entrata

ufficialmente nella nomenclatura astronomica il 24 agosto 2006, con la sua promulgazione ufficiale da parte dell'Unione Astronomica Internazionale. In precedenza non esisteva una definizione precisa, ma un'atavica indicazione (derivante dall'antica astronomia greca) per cui si considerava pianeta qualunque corpo celeste, dotato di massa significativa, che si muovesse su di un'orbita fissa.

Sfera celeste. E' una sfera di raggio arbitrario sulla cui superficie sono proiettati, dal centro della sfera, tutti gli astri. La sfera celeste si dice *geocentrica*, se ha per centro il centro della terra, *locale*, se ha per centro l'occhio dell'osservatore, *eliocentrica*, se ha per centro il Sole. Si tratta di un concetto molto utile per considerare la direzione di osservazione dei corpi celesti e risalire alla loro posizione per mezzo della costruzione di specifici sistemi di coordinate astronomiche.

A cura dello staff dei divulgatori del parco astronomico la "Torre del Sole".

La Torre del Sole: osservare la Natura con occhi nuovi, rivivere l'emozione della scoperta.