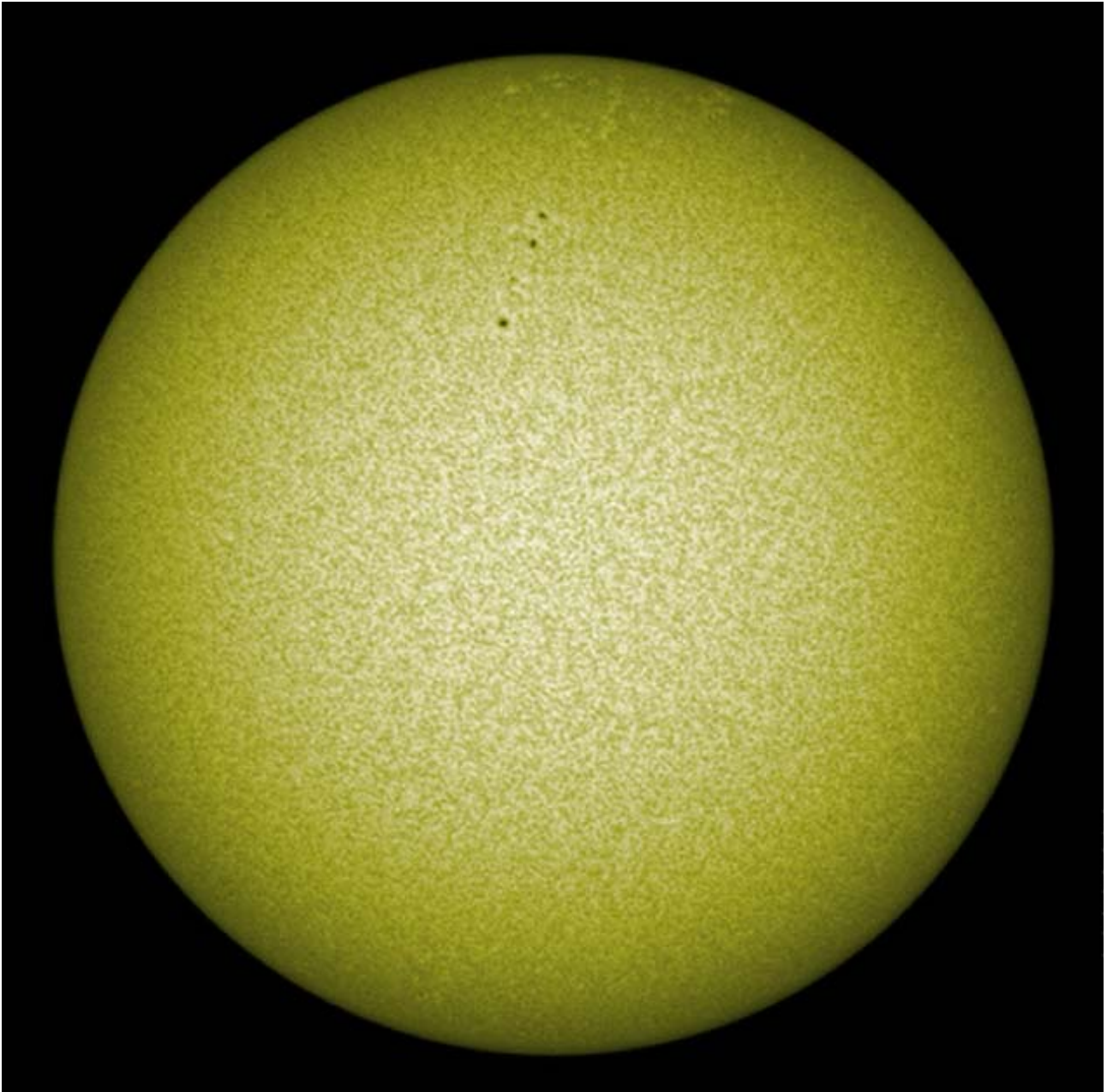


Una panoramica sui corpi principali del Sistema Solare

di Daniele Gasparri

Il Sole



La nostra stella, osservata con un opportuno filtro solare, mostra molti dettagli; oltre alle piccole macchie scure in alto (macchie solari) è visibile una certa rugosità lungo tutto il disco, (granulazione fotosferica), causata dal movimento di grandi masse di gas dagli strati inferiori fino a quelli superficiali, e viceversa

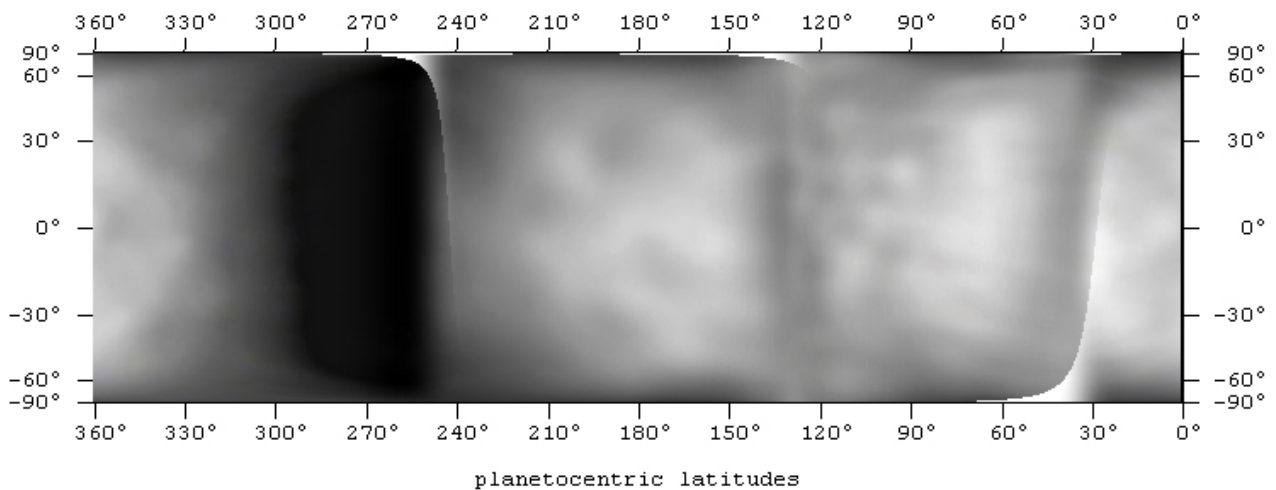
Il Sole, la nostra stella, è una gigantesca sfera di gas, dal diametro di circa 1,4 milioni di chilometri, 110 volte il diametro dalla Terra, 10000 volte più massiccio, composto da idrogeno (circa il 75% della massa), elio (circa il 24%) e da materiali più pesanti, chiamati genericamente metalli (tra i quali, i più abbondanti sono: ossigeno, carbonio neon e azoto). Nonostante le sue dimensioni, il Sole è una stella di taglia medio-piccola; nell'Universo ne esistono anche di 100 volte più massicce o dal diametro 100 volte quello solare. Come tutte le stelle, essa emette radiazione elettromagnetica,

quasi tutta cade nello spettro visibile e quindi è percepita dai nostri occhi come luce. La temperatura superficiale è di 5770°K . In realtà, in questi casi il termine superficie non può avere lo stesso significato dei pianeti rocciosi e neanche di quelli gassosi (una spiegazione per quest'ultimi verrà data in seguito); nel caso delle stelle, la superficie è identificata come il primo strato gassoso opaco che si incontra e che emette gran parte della luce e nasconde gli strati gassosi sottostanti. L'energia prodotta e successivamente emessa sotto forma di radiazione elettromagnetica proviene dal processo di fusione nucleare, che si sviluppa nella zona nucleare (non oltre un raggio del 10% del totale), relativamente facile da capire: l'idrogeno, che è l'elemento principale, al centro si trova in forma ionizzata, cioè si presenta privo del suo elettrone; l'atomo di idrogeno privato dell'elettrone si riduce ad una singola particella: il protone, di carica positiva. È noto a tutti che due particelle di carica positiva (analogamente a due poli uguali di una calamita), si respingono. Al centro del Sole tuttavia, la temperatura è molto alta, così come la pressione del gas: alta temperatura ed alta pressione significano altissima densità e alta velocità delle singole particelle (la temperatura è una misura della velocità, casuale, di una particella); se due atomi di idrogeno ionizzato collidono molto violentemente, invece di respingersi si fondono e formano una nuova specie atomica, costituita da due protoni legati. Durante il processo di fusione si libera una grande quantità di energia sotto forma di raggi gamma: questa è la fonte di energia del Sole e di qualsiasi stella: due protoni che urtano molto violentemente, si fondono, liberando energia e formando un nucleo di una nuova sostanza: l'elio. In realtà il ciclo di reazioni, chiamate protone-protone è più complicato e vi sono coinvolti 4 atomi di idrogeno che portano alla formazione di un nucleo di elio 4, cioè formato da 2 protoni e 2 neutroni, in una catena composta da diverse reazioni, ognuna delle quali produce energia sotto forma di raggi gamma (e in piccola parte neutrini). L'energia prodotta in questo modo è spaventosamente alta; basti pensare che un grammo di atomi di idrogeno, fondendosi, produce $6.4 \cdot 10^{11}$ Joule (600 miliardi di Joule), cioè l'energia consumata in un anno intero da 200 lampadine sempre accese da 100 watt l'una! Nel Sole, ogni secondo, in questo modo viene prodotta un'energia spaventosa, pari a $3.8 \cdot 10^{26}$ Watt; in un anno l'energia prodotta è di $1.2 \cdot 10^{34}$ Joule, miliardi di miliardi di volte la produzione dell'intero genere umano in tutta la sua storia. Questa enorme energia, principalmente sotto forma di raggi gamma, non riesce però a raggiungere la superficie della nostra stella a causa della densità elevatissima del gas; un raggio gamma, prodotto da una reazione nucleare percorre meno di 1 cm nel luogo dove è stato prodotto, prima di colpire un nucleo atomico e trasferirgli la sua energia, allo stesso modo di un proiettile che si conficca in un sacco di sabbia. Il nucleo atomico colpito acquista un'energia in più che provvede a riemettere poco dopo verso un altro atomo; questa catena prosegue lentamente, fino a quando, dopo un percorso durato milioni di anni, l'energia prodotta riesce ad uscire dal Sole; tuttavia non si tratta più di un fotone di raggi gamma ma molto meno energetico, poiché gran parte dell'energia è stata ceduta agli atomi trovati nel suo percorso sotto forma di quantità di moto, e ciò che vediamo uscire dalla fotosfera è un fotone di lunghezza d'onda visibile, direttamente collegato alla temperatura dello strato di gas da cui esce. La pressione esercitata dai raggi gamma prodotti dalle reazioni nucleari è, insieme alla pressione del gas, ciò che impedisce al Sole di collassare su se stesso a causa della forza di gravità e di continuare a vivere e splendere a seguito dell'equilibrio trovato con la forza di gravità, che tende sempre a farlo contrarre fino ad uno stato densissimo; se il contributo della cosiddetta pressione di radiazione dovesse cessare, il Sole comincerebbe a contrarsi e niente potrebbe fermare la sua corsa, che si arresterebbe solo quando verrebbe raggiunto uno stato della materia densissimo e particolare (nana bianca o stella di neutroni).

In effetti questo è il destino che attende la nostra e tutte le altre stelle dell'universo; quando un giorno il combustibile nucleare finirà (il Sole ne brucia migliaia di miliardi di Kg ogni secondo), la pressione di radiazione cesserà di esistere e la sola pressione del gas non sarà sufficiente ad evitare che la forza di gravità lo faccia contrarre, e dopo degli stadi semi-stabili, il suo destino sarà segnato e si trasformerà in una stella calda grande come la Terra ma migliaia di miliardi di volte più densa, destinata a spegnersi nel tempo; nessuna paura, poiché la nostra stella è solamente a metà della sua vita, e per altri 4,5 miliardi di anni potremmo stare tranquilli.

Gran parte della materia solare è concentrata nella regione nucleare, dove si raggiungono temperature di oltre 15 milioni di gradi e pressioni di 300 miliardi di atmosfere; nella fotosfera invece, lo strato atmosferico spesso 400 Km che emette la luce che giunge sulla Terra, la densità è molto bassa, 100 000 volte inferiore alla densità dell'aria dell'atmosfera terrestre in prossimità del livello del mare; anche la temperatura è scesa di molto, nonostante continui ad essere di 5770°K, cioè 5500°C. Oltre la fotosfera inizia l'atmosfera, che si estende, sebbene con densità bassissime, per milioni di Km nello spazio; essa è modellata dall'intenso campo magnetico solare che la rende incandescente fino a 2 milioni di gradi e ne modella la forma, visibile da Terra solamente durante le eclissi solari totali (corona solare).

Mercurio



Planisfero (parziale) di Mercurio, costruito con osservazioni eseguite durante il giorno con un filtro Infrarosso e una webcam. Sono evidenti chiaroscuri, una combinazione di zone a diversa luminosità e grandi crateri da impatto. In questo e nei seguenti planisferi il sud del pianeta è in alto.

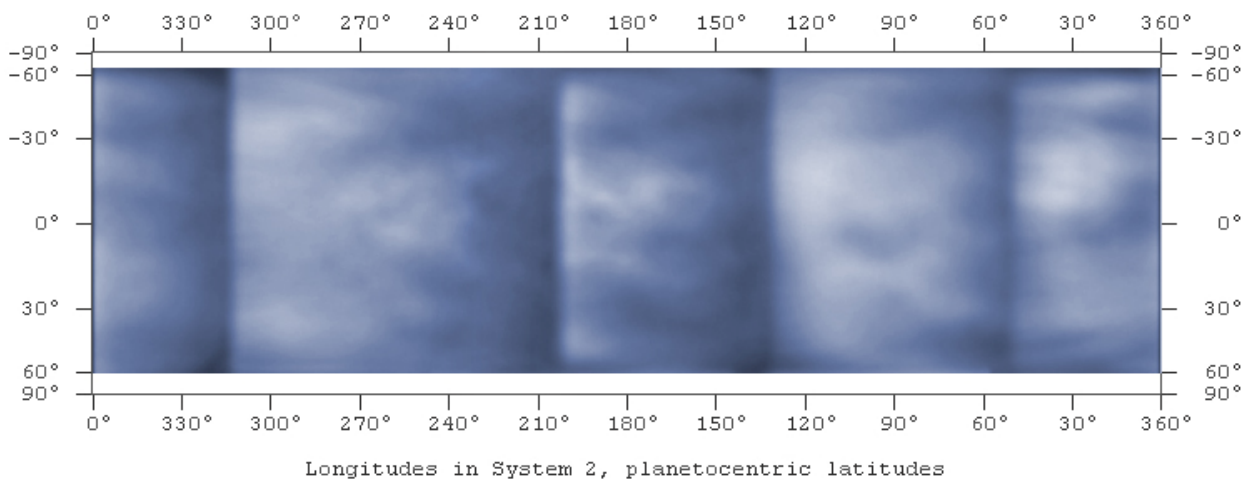
I dati in nostro possesso dalle osservazioni condotte al telescopio o anche semplicemente ad occhio nudo ci possono fornire molti dettagli, come nel caso del Sole e di tutti gli altri corpi dell'Universo. Analizziamo il primo dato che abbiamo: Mercurio non si discosta mai dal Sole più di 18°, a volte anche meno, 16 o anche 14°: le elongazioni non sono tutte uguali ed esso, al telescopio mostra le fasi. Si tratta quindi di un pianeta posto su un'orbita più interna al nostro, cioè più vicino al Sole. Visto che le sue elongazioni sono le minori rispetto agli altri pianeti, possiamo supporre che esso sia il più vicino al Sole e che sia posto su un'orbita non circolare ma piuttosto ellittica. In effetti l'eccentricità orbitale è la più alta di tutti i pianeti, pari a 0,20. La superficie si presenta grigio-marrone con contrasti che si enfatizzano aumentando la lunghezza d'onda e che tendono a restare immutabili anche nel corso di diversi giorni. Al telescopio quindi osserviamo direttamente la sua superficie che appare simile a quella lunare, poiché i chiaro scuri visibili possono essere interpretati come crateri da impatto. Osservandolo nel corso dei giorni è facile stabilire il suo periodo di rivoluzione intorno al Sole, di 87.88 giorni terrestri, così come il periodo di rotazione intorno al proprio asse, di 58.65 giorni terrestri. Utilizzando la terza legge di Keplero siamo in grado di ricavarci il semiasse maggiore della sua orbita, che può essere assimilata anche alla distanza media alla quale orbita, pari a 57,8 milioni di Km, circa un decimo della distanza media Terra-Sole. Utilizzando i metodi geometrici descritti nella sezione (XXX) possiamo anche calcolarci facilmente, conoscendo l'elongazione e la distanza dal Sole, la distanza dal nostro pianeta e calcolare così il suo diametro reale a partire dal diametro apparente, sempre comunque piuttosto piccolo: il suo raggio risulta essere poco superiore a quello lunare, pari a 2424 Km.

Data la sua vicinanza alla nostra stella, risente molto della sua influenza, sia a causa della notevole quantità di radiazione che vi giunge, producendo temperature medie stimate intorno ai 450°C, sia per gli effetti gravitazionali provocati dall'immensa massa solare che si riscontrano nel periodo di rotazione-rivoluzione e nella particolarità della sua orbita.

Le forze di marea hanno prodotto un notevole rallentamento del periodo di rotazione attorno al proprio asse, esattamente i 2/3 del periodo di rivoluzione (87.88 giorni terrestri); questo rapporto semplice non è casuale e si chiama risonanza. L'orbita di Mercurio è molto ellittica (0.20) e non è chiusa, nel senso che il pianeta, dopo un giro completo, non ritorna esattamente alla stessa posizione, pur essendo il suo moto stabile per miliardi di anni. Ciò che si verifica è uno spostamento del perielio, o in modo più semplice, è come se l'orientazione dell'orbita cambiasse leggermente da una rotazione ad un'altra e questo è in parte dovuto alla presenza del Sole che curva lo spazio secondo la teoria della relatività generale.

Mercurio praticamente non possiede atmosfera e di questo ci si può accorgere anche osservandolo al telescopio; la quasi totale assenza di gas si spiega con la piccola massa e con le grandi temperature a quelle distanze dal Sole, che scendono a -150°C nella parte non illuminata (a causa della mancanza di atmosfera). In effetti la sua superficie ricorda molto quella lunare, con una colorazione grigio-marrone e numerosissimi crateri, molti dei quali sono antichissimi e sono la testimonianza del bombardamento subito da tutti i corpi del sistema solare poco dopo la loro formazione.

Venere



Planisfero dell'atmosfera di Venere nel vicino ultravioletto, reso in falsi colori e risalente alla rotazione del 7-10 Aprile 2007. Ripresa con webcam e filtro violetto N. 47 + filtro taglia infrarosso. Le nubi equatoriali ruotano in circa 4 giorni, mentre quelle situate presso le medie latitudini sono più lente.

E' il pianeta a noi più vicino e simile, come dimensioni e massa; tuttavia è molto diverso dalla Terra. Venere, come Mercurio, mostra le fasi e non si allontana mai dal Sole più di pochi gradi, ha quindi un'orbita più interna rispetto alla nostra e quindi si vede sempre prospetticamente vicino al Sole anche se non tanto quanto Mercurio; questo significa che è più vicino alla Terra e più lontano dal Sole.

Nonostante una distanza minima dalla Terra di 40 milioni di Km e l'apparente somiglianza, Venere ha subito un'evoluzione molto diversa che lo ha portato ad essere il pianeta più inospitale e caldo del sistema Solare.

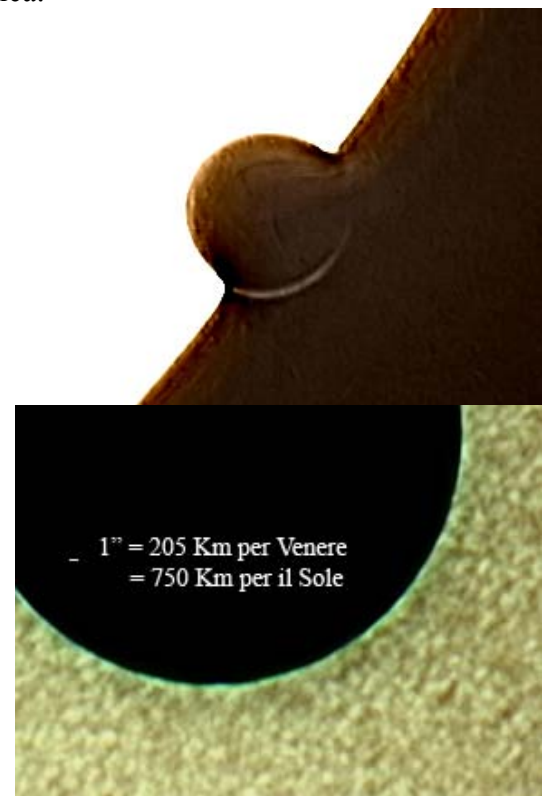
Le osservazioni di imponenti sistemi nuvolosi, sia in ultravioletto che in infrarosso, nonché un'emissione termica superficiale e pressoché costante sia ai poli che all'equatore, si spiegano con

l'esistenza di una spessa e densa atmosfera (pressione al suolo circa 90 atm!) costituita per la gran parte da anidride carbonica (96,5%) e per il restante da azoto; sono presenti piccolissime quantità di altri gas come idrogeno, acido solforico, elio ossigeno ed acqua. La composizione atmosferica era già nota prima che delle sonde raggiungessero il suolo o la sua orbita, attraverso l'osservazione del suo spettro.

La presenza di anidride carbonica e acido solforico è responsabile dell'elevatissimo effetto serra che fa aumentare la temperatura del pianeta di ben 500°C, portandola da un teorico -44°C a 480°C. L'intensa circolazione atmosferica poi distribuisce questo calore in modo pressoché uniforme su tutta la superficie, con il risultato che Venere, nonostante non sia il più vicino al Sole, è il pianeta più caldo del sistema Solare e la parte non illuminata, analogamente ad un pezzo di ferro riscaldato, emette una debole luce alle lunghezze d'onda infrarosse. Se non avesse posseduto questo spesso involucro gassoso, Venere avrebbe sperimentato, nella parte in ombra, temperature di un centinaio di gradi sotto lo zero. L'atmosfera è completamente opaca alla radiazione visibile e del vicino infrarosso, nascondendo perennemente ogni dettaglio superficiale, che si è potuto studiare solamente con tecniche radar e sonde inviate sulla sua superficie. L'estensione dell'involucro atmosferico è notevole, così come la sua struttura e dinamica.

Durante il transito del pianeta sul disco solare, avvenuto l'8 giugno del 2004, l'estensione degli strati più densi dell'atmosfera venusiana si è resa visibile anche con telescopi amatoriali, sia in prossimità del bordo solare, sia durante tutte le fasi dell'attraversamento; nel primo caso come un anello brillante che deviava la luce solare, nel secondo caso come una zona leggermente meno luminosa e sfocata attorno al disco scuro che si stagliava sulla fotosfera solare. Quasi tutta l'atmosfera è compresa entro una sfera di 700-800 Km di altezza ma le nubi e la grande dinamica si sviluppa a quote molto più basse. Intorno a 70-80 Km, si trovano nubi composte da piccole goccioline di acido solforico, ad una temperatura intorno ai -50°; mano a mano che si scende, la temperatura aumenta e si modificano anche le strutture nuvolose presenti, fino a circa 45 Km di altitudine, quota minima di condensazione dell'acido solforico nell'atmosfera venusiana. Al di sotto di tale quota, si ha uno strato di foschia causata dal vapore di acido solforico, mentre negli strati interiori, fino alla superficie, l'atmosfera è piuttosto limpida. La sommità, dove si possono osservare i maggiori sistemi nuvolosi, ruota molto velocemente intorno al pianeta, in soli 4 giorni, implicando velocità dei venti con punte anche di 350-400 Km/h. Mano a mano che si scende di quota, la velocità dei venti diminuisce fino ad arrivare ai 4-5 Km/h.

La superficie è stata studiata sia con tecniche radar, sia (seppur per breve tempo) da 2 sonde Russe che vi atterrarono; nonostante esse furono costruite per resistere a condizioni estreme, l'ambiente venusiano (altissima temperatura, in grado di fondere piombo e stagno, acido solforico in quota, e pressione di 90 atm) le ha rese inoperative e distrutte nel giro di un paio di ore. Le informazioni che disponiamo della superficie del pianeta ci indicano un luogo infernale e molto secco, prevalentemente pianeggiante, non molto craterizzato e quindi relativamente giovane (si pensa attorno ai 500 milioni di anni), ricco di vulcani che potrebbero essere ancora attivi. Fu proprio nel 1989 che la sonda Magellano, in orbita attorno al pianeta rilevò nell'atmosfera concentrazioni particolarmente elevate di acido solforico, che nel giro di qualche mese tornarono nella norma;



L'atmosfera di Venere si è manifestata durante lo storico transito del pianeta sul disco solare, l'8 giugno 2004

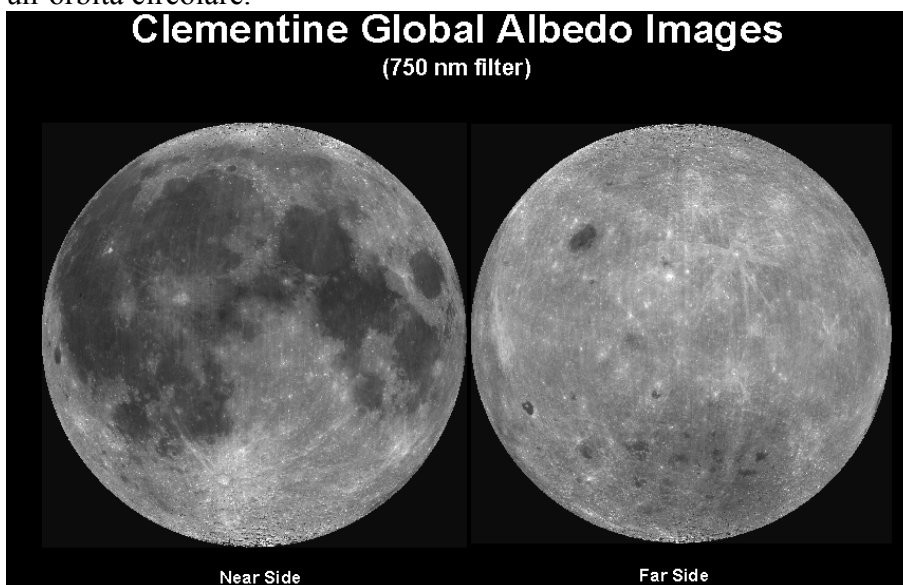
probabilmente questo fu il segno di imponenti eruzioni vulcaniche che riversarono negli strati atmosferici grandi quantità di polveri e gas.

Un'altra particolarità del pianeta: il suo periodo di rotazione è retrogrado (ruota cioè in senso contrario rispetto agli altri pianeti del sistema solare) e molto lento (243 giorni terrestri) è più lungo del periodo di rivoluzione attorno al Sole (222 giorni). La misura del periodo di rotazione estremamente lento è un dato di recente acquisizione poiché con le osservazioni telescopiche è del tutto impossibile da stimare a causa dell'inosservabilità della sua atmosfera. Solamente con tecniche radar che sono in grado di penetrare la spessa coltre di nubi si è riusciti a misurare la velocità di rotazione, attraverso l'effetto doppler, e quindi il periodo.

La Luna

La Luna è il nostro unico satellite naturale e di gran lunga il corpo celeste che più attrae l'attenzione, dal semplice curioso che alza sporadicamente la testa verso il cielo, agli astrofili esperti, che trovano in esso un ambiente di divertimento e studio dalle risorse infinite. Data la sua vicinanza, infatti, in media 380000 Km, la Luna ci appare di generose dimensioni anche all'osservazione ad occhio nudo, superando il mezzo grado, diametro simile a quello solare (ma da tenere presente le enormi differenze in termini di distanze! Per le definizioni angolari e lineari, vai al capitolo 5.2). La Luna orbita intorno alla Terra in poco meno di un mese* e durante il suo tragitto ci mostra le fasi, ma sempre la stessa faccia. Questo è dovuto ad una strana (solo in apparenza) coincidenza tra il periodo di rotazione attorno al proprio asse e quello di rivoluzione intorno alla Terra. In qualsiasi momento, da qualsiasi luogo, la Luna ci mostrerà quasi sempre lo stesso emisfero.

In realtà, le cose sono un po' più complicate ed esiste il fenomeno della librazione, che consente di osservare il 59% del nostro satellite. Benché, infatti, il periodo di rotazione e rivoluzione coincidano, l'orbita lunare è ellittica e questo significa che la velocità orbitale cambia a seconda della distanza alla Terra, consentendo di osservare più dell'esatta metà che ci si aspetterebbe da un'orbita circolare.



Confronto tra la faccia vicina (e quindi visibile) e quella lontana (far side, quindi invisibile) della Luna riprese dalla sonda della NASA Clementine. La faccia lontana è molto diversa dall'emisfero a noi accessibile: quasi totale assenza di mari e maggiore craterizzazione.

* Il periodo orbitale è di 27 giorni 7 ore e 43 minuti, quello sinodico di 29 giorni 12 ore e 44 minuti. Si definisce periodo orbitale il tempo impiegato per compiere un giro completo. Si definisce periodo sinodico il tempo impiegato (dalla Luna in questo caso) per raggiungere in cielo la stessa posizione rispetto al Sole (considerato fisso). Il periodo sinodico è maggiore di quello orbitale poiché la posizione del Sole cambia a causa dell'orbita terrestre.

Le condizioni migliori per l'osservazione e la ripresa si verificano in prossimità del primo e dell'ultimo quarto. Contrariamente a ciò che si potrebbe pensare, nelle fasi prossime alla totale i dettagli visibili diventano molto difficili da catturare. La causa è l'illuminazione frontale da parte della nostra stella, che fa sparire le ombre e rende tutto piuttosto piatto e difficile da individuare. Nelle fasi intermedie, invece, osservando in prossimità del terminatore, cioè quella zona prossima alla parte in ombra, i rilievi e i crateri proiettano delle ombre nette e dal contrasto molto accentuato, rendendosi in questo modo molto più visibili, assumendo uno splendido aspetto tridimensionale.

Uno sguardo d'insieme, a bassa risoluzione, ci mostra un mondo sostanzialmente grigio e statico, ricchissimo di crateri da impatto. Un telescopio amatoriale ve ne mostrerà diverse migliaia, dalle dimensioni e forme più disparate: dai grandi bacini, come Clavius, dal diametro eccedente i 200 Km, ai più piccoli crateri che è possibile identificare con uno strumento da 20-25 cm, di dimensioni inferiori al Km. L'elevato tasso di craterizzazione dovrebbe far venire il legittimo dubbio in merito al nostro pianeta: è possibile che la Terra sia stata oggetto di un bombardamento meteorico analogo, se non superiore, date le dimensioni 4 volte maggiori? Gli scienziati, analizzando il suolo lunare, hanno scoperto che la gran parte degli impatti si sono verificati in un'era compresa tra 2 e 3,5 miliardi di anni fa, quando le regioni del sistema solare erano affollate di meteoriti di dimensioni superiori a qualche Km.

Perché il nostro pianeta non si mostra come la Luna?

La risposta è semplice: il nostro satellite è pressoché privo di atmosfera e acqua liquida, quindi di qualsiasi fenomeno di erosione ad essi associato. Inoltre, è un corpo celeste geologicamente inattivo, nel quale sono assenti, da miliardi di anni, fenomeni come vulcanesimo e tettonica a zolle, in grado di rigenerare continuamente la crosta superficiale: esattamente il contrario del nostro pianeta.

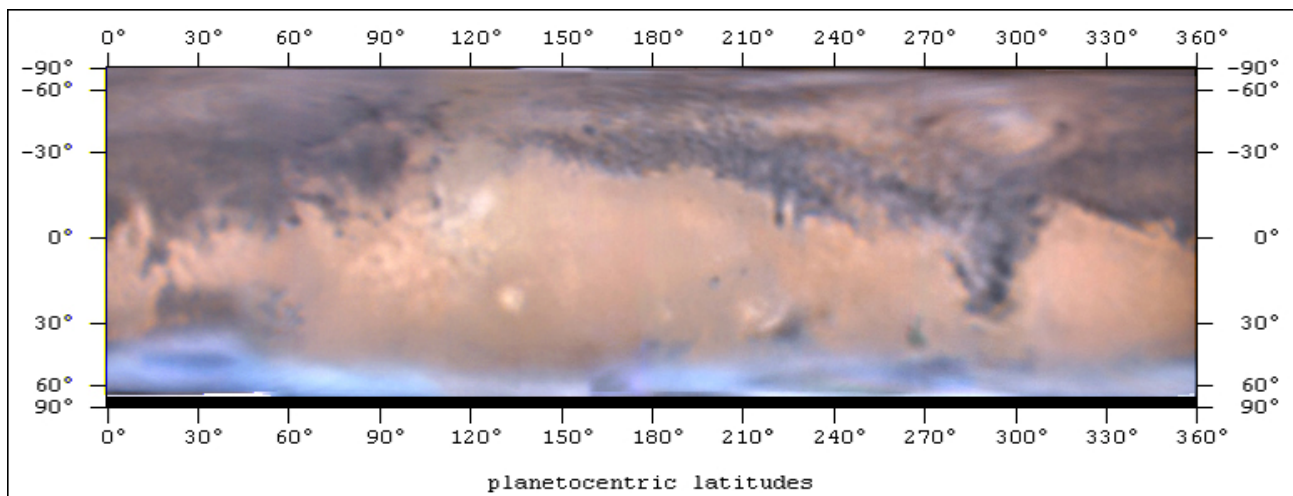
Qualsiasi evento, di natura chiaramente esterna, modelli la superficie lunare (impatti meteorici o le impronte lasciate dagli astronauti) provoca dei segni che possono durare per milioni o miliardi di anni, cancellabili solamente da altri eventi esterni (tra cui il vento solare). Sulla Terra, invece, un'impronta lasciata sulla sabbia del deserto (che ricorda per consistenza la superficie lunare) ha una vita molto breve, giusto l'intervallo di tempo tra una folata di vento e l'altra.

Oltre ai numerosi crateri da impatto, risultano evidenti i mari, grandi regioni più scure e meno craterizzate (da non intendersi quindi con il significato letterale che di solito viene attribuito alla parola!), prodotti dalla fuoriuscita di imponenti colate laviche verificatesi miliardi di anni fa.

Imponenti catene montuose, piccole colline o montagne isolate, valli e scarpate, chiamate rimae, sono tutte testimoni di un'attività geologica remota, risalente agli istanti successivi la sua formazione.

Il problema della formazione della Luna è uno dei grandi interrogativi che i planetologi si sono portati dietro per molto tempo, e solamente in questi ultimi anni sembra essersi trovato un accordo tra la comunità internazionale. Il sistema Terra-Luna è infatti molto raro nel sistema solare. Molti pianeti possiedono satelliti, ma tutti di massa estremamente minore rispetto ad essi. Il rapporto tra le masse della Luna e della Terra è invece di 1:81 (la Luna è 81 volte meno massiccia della Terra) e quello dei raggi solamente 1:4. Questo, unito alla composizione chimica lunare povera di elementi pesanti e che ricorda quella del mantello terrestre, ha portato gli scienziati ad ipotizzare che la Luna si sia formata da una "costola" della Terra, a seguito di un immane impatto di un planetoido delle dimensioni di Marte con il nostro pianeta, qualche decina di milioni di anni dopo la formazione del sistema solare (la Luna ha infatti un'età stimata di $4,527 \pm 0,010$ miliardi di anni, contro i 4,6 stimati per il Sistema Solare, compresa la Terra). L'impatto avrebbe strappato alla Terra parte della sua massa che si sarebbe stabilizzata su un'orbita ed aggregatasi nel corso degli anni fino a formare la Luna. Altre teorie, come la cattura gravitazionale o l'accrescimento simultaneo, non possono essere accettate a causa della massa comparabile dei due corpi, che rende impossibili questi due metodi di formazione.

Marte



Planisfero di Marte: il pianeta rosso è il più bello e interessante dei pianeti rocciosi e mostra molti dettagli superficiali e atmosferici. In questa mappa, realizzata con immagini riprese durante l'opposizione del 2005, con una webcam e telescopio da 23 cm, si possono notare molte nubi, intorno al polo nord (in basso), e sparse nell'emisfero sud (in alto). Al centro in basso è evidente il monte Olimpo (il punto luminoso), il più grande vulcano del sistema solare. L'appendice scura sulla destra è Syrtis Mayor, il dettaglio meglio visibile con qualunque telescopio

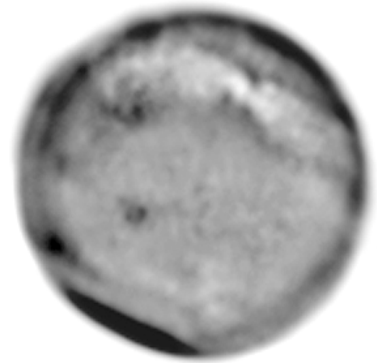
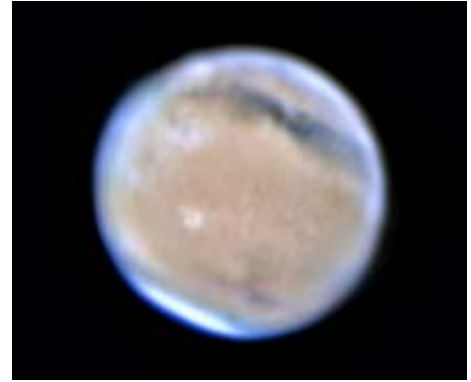
Marte, detto anche pianeta rosso a causa della sua colorazione, è l'ultimo dei pianeti rocciosi e per certi versi quello più simile alla Terra; nonostante le dimensioni inferiori di quasi la metà (0,53) rispetto al nostro pianeta, una massa di 1/10 quella terrestre e quindi una gravità di poco superiore ad 1/3 e una durata dell'anno pari a 686 giorni, ha un periodo di rotazione simile a quello terrestre (24 ore e 37 minuti), così come l'inclinazione dell'asse di rotazione, di 25.19° contro i 23.27° del nostro pianeta. Marte inoltre possiede un'atmosfera che seppur molto tenue, può ricordare da lontano, come dinamica, quella terrestre, con la comparsa di nubi e nebbie, specialmente intorno ai rilievi e lungo il bordo. In prossimità dei poli inoltre, ci sono due calotte polari composte principalmente di ghiaccio secco (anidride carbonica congelata) e ghiaccio d'acqua che, durante le stagioni, analogamente alla Terra, si espandono o si ritirano.

Tutti questi dati si possono ricavare semplicemente analizzando le immagini di ogni astronomo amatoriale, o compiendo osservazioni addirittura ad occhio nudo.

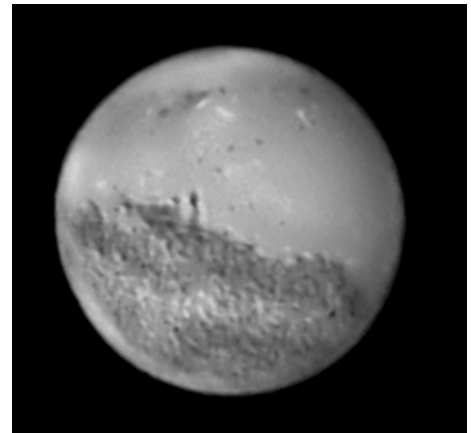
Proprio osservando le nostre immagini, risulta chiaro ben presto che la somiglianza con il nostro pianeta è solo apparente; un'attenta analisi mette in luce molte differenze, a cominciare proprio dall'atmosfera, molto tenue (1/100 di quella terrestre) (CHECK!) composta quasi esclusivamente da anidride carbonica (95%), azoto (2.7%) e tracce di Argon, vapore acqueo, ossigeno, del tutto simile a quella di Venere ma molto meno densa e quindi, con un effetto serra notevolmente minore. In effetti Marte è un pianeta freddo, con una temperatura media intorno ai -60°C, ma che in estate, in zone prossime all'equatore, può arrivare anche a +20-+30°C, quindi non troppo distante da quella terrestre. Questo dato conferma il fatto che la tenue atmosfera deve essere composta da gas serra che innalza la temperatura media del pianeta rosso di qualche decina di gradi. La sua superficie è ricoperta da una polvere di color rosso formata in larga misura da ossido di ferro (cioè ruggine). Le calotte polari, composte da ghiaccio d'acqua e anidride carbonica, durante le estati marziane si sciolgono e perdono completamente lo strato di anidride carbonica che viene immesso nell'atmosfera. Lo squilibrio di pressione che si crea con le zone circostanti, così come l'intensa radiazione solare al perielio, che a causa della notevole eccentricità dell'orbita è molto più intenso rispetto all'afelio, può causare forti venti che sollevano grandi quantità di sabbia, generando delle vere e proprie tempeste che possono avvolgere anche l'intero pianeta, come è accaduto nel 2001 e alla età del 2007, con venti fortissimi e polvere alzata per oltre 20 Km nell'atmosfera del pianeta. Più spesso tali tempeste sono di natura locale, ma sempre ben visibili anche con piccoli strumenti.

L'atmosfera è comunque piuttosto dinamica e variabile nel tempo. Spesso intorno ai rilievi si possono trovare nubi cosiddette orografiche, oppure delle foschie o vere e proprie nebbie, ben visibili lungo il bordo o lungo i principali vulcani, la cui attività sembra essere cessata da diversi milioni (se non miliardi) di anni. Una delle due calotte polari è generalmente, durante la tarda estate e l'autunno marziano, avvolta da uno spesso cappuccio di nubi che condensando porteranno alla sua estensione nel corso dell'inverno. Alle medie latitudini invece non mancano formazioni nuvolose del tutto simili ai cirri terrestri composte da ghiaccio d'acqua e di anidride carbonica, di colore bianco-azzurro, spesso molto estese, ma poco dense. La combinazione tra temperatura media e pressione al suolo non permette all'acqua liquida di poter esistere in modo stabile sulla superficie, ed essa si trova quasi esclusivamente in stato di ghiaccio, raccolta nella calotte polari ma anche nel sottosuolo, formando uno strato ghiacciato chiamato permafrost. Benché si possano osservare nubi e foschie la cui componente principale sono cristalli di ghiaccio, la loro densità è molto bassa, così come estremamente bassa è la concentrazione di vapore acqueo negli strati atmosferici a bassa quota, dell'ordine dello 0,1%. L'atmosfera è quindi un ambiente estremamente secco e la formazione delle nubi è consentita dal fatto che la soglia di saturazione del vapore acqueo in atmosfera è bassissima: in altre parole bastano quantità trascurabili di questo gas affinché esso condensi in ghiaccio e formi le nubi. In alcuni luoghi, in prossimità dell'equatore, si pensa che vi siano bacini d'acqua liquida sotterranei che ogni tanto riaffiorano in superficie dando luogo a dei veri e propri canali di scolo, prima che essa evapori senza lasciare traccia.

La superficie del pianeta rosso è molto interessante e si può dividere in due grandi zone: una, l'emisfero sud, piuttosto rugosa e craterizzata, e quindi antica, presenta grandi bacini da impatto (Hellas, con 1800 km è il più grande), mentre l'emisfero nord sembra un'enorme depressione ad una quota media di 2 Km inferiore all'emisfero sud ed appare molto più liscio, quasi levigato, prevalentemente pianeggiante ad eccezione di alcune formazioni montuose tra le quali spiccano il monte Olimpo, un gigantesco vulcano estinto alto ben 25000 metri (il più alto del sistema solare) e la regione di Tharsis, con la presenza di tre grandi vulcani. Considerata anche la notevole mole di dati proveniente dalle numerose sonde che vi sono arrivate sia in orbita che sulla sua superficie, sembra che su Marte un tempo scorreva acqua liquida in abbondanza e si pensa addirittura che tutto l'emisfero nord, liscio e ad una quota più bassa, fosse stato un tempo un grande oceano d'acqua liquida, quando miliardi di anni fa Marte era probabilmente un pianeta più caldo e attivo geologicamente, del tutto simile alla Terra attuale. Attualmente le uniche testimonianze della presenza di acqua liquida in un tempo molto lontano, sono date dalle immagini di sonde che hanno ripreso dettagli che sulla Terra sono riconducibili ad antichi laghi o antichi fiumi prosciugati, dalla portata impressionante.



Nuvole e nebbie nell'atmosfera di Marte, principalmente concentrate nei bordi, ai poli e presso le maggiori catene montuose (nubi orografiche)

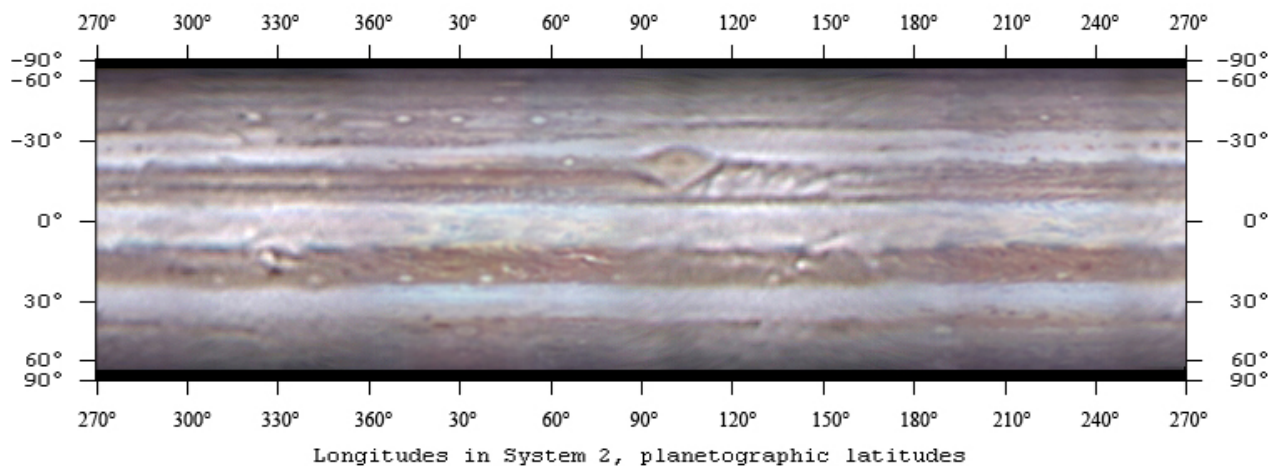


Differenze geologiche tra l'emisfero sud, molto craterizzato e scosceso, e quello nord, piuttosto piatto: un antico oceano o un gigantesco impatto?

anni fa Marte era probabilmente un pianeta più caldo e attivo geologicamente, del tutto simile alla Terra attuale. Attualmente le uniche testimonianze della presenza di acqua liquida in un tempo molto lontano, sono date dalle immagini di sonde che hanno ripreso dettagli che sulla Terra sono riconducibili ad antichi laghi o antichi fiumi prosciugati, dalla portata impressionante.

Marte possiede, come abbiamo visto, due Lune, chiamate Phobos e Deimos, che in realtà si pensa siano asteroidi catturati dal suo campo gravitazionale qualche miliardo di anni fa.

Giove



Planisfero dell'atmosfera di Giove, realizzato con immagini ottenute nell'aprile del 2005 con webcam e telescopio da 23 cm. Al centro è ben evidente la grande macchia rossa (GRS) le cui dimensioni solo di 2,5 volte la Terra. Oltre alle bande (scure) e le zone (chiare) sono visibili molte altre piccole macchie, chiare e scure che sono dei (relativamente) piccoli cicloni, rapidamente variabili nell'arco di alcuni giorni. L'atmosfera del pianeta può cambiare radicalmente nel giro di qualche mese (vedi immagini successive)

Non deve stupire che Giove è il pianeta in assoluto più grande del sistema Solare, ben 11,19 volte più grande della Terra e 318 volte più massiccio. Questo si può osservare molto bene osservandolo ad occhio nudo o al telescopio: ha un moto molto lento con un conseguente periodo di rivoluzione di

Nonostante questo, è ancora circa 1000 volte meno massiccio del sole e 10 volte più piccolo. Giove è il capo stipite di una classe di pianeti molto diversi da quelli finora visti: i giganti gassosi. Contrariamente ai piccoli pianeti rocciosi, Giove (e, come vedremo, altri 3), non hanno una superficie solida, ma sono composti quasi esclusivamente da un enorme involucro di gas, la cui composizione chimica è simile a quella del Sole, così come la loro densità. In effetti, dal punto di vista chimico e morfologico sono più simili al Sole che agli altri pianeti ai quali siamo abituati a pensare; tuttavia, al contrario della nostra stella, essi hanno troppa poca massa per avviare nel loro interno le reazioni di fusione nucleare e quindi brillare. Giove è un pianeta molto affascinante perché molto dinamico e ricco di dettagli. E' costituito in gran parte da Idrogeno (89%) ed elio (10%), con tracce di altri gas (Metano, Ammoniaca e Zolfo principalmente) e la sua atmosfera è ricca di fenomeni interessanti.

Nel seguito della discussione continueremo a parlare di atmosfera e superficie, anche se, per quanto detto, ciò può sembrare improprio, essendo un pianeta gassoso e quindi privo di superficie. Affinché questi termini continuino ad avere ancora un senso, occorre dare delle nuove definizioni che si adattino alla famiglia dei pianeti giganti. Definiamo allora superficie lo strato gassoso che si trova alla pressione (arbitraria) di 1 bar; definiamo atmosfera tutto lo strato gassoso che si trova a pressioni minori (e quindi altezze maggiori rispetto alla superficie). Questa definizione però, non deve essere confusa con il significato più letterale dei termini: i pianeti giganti e le stelle non hanno una superficie rocciosa e non c'è quindi distinzione tra superficie (roccia) e atmosfera (gas), ma si può pensare il tutto come una gigantesca atmosfera. L'atmosfera di Giove è molto dinamica e ricca di dettagli con nubi, tempeste, giganteschi cicloni che possono vivere fino a diverse centinaia di anni; un esempio tipico è la grande macchia rossa, un ciclone dal diametro due volte maggiore della

Terra, visibile anche con piccoli telescopi. Possiamo identificare diverse macro strutture nell'atmosfera, frutto dei moti convettivi del gas a seguito dell'irraggiamento solare e dalla rapida rotazione attorno al proprio asse, di sole 9 ore e 50 minuti in prossimità dell'equatore.:

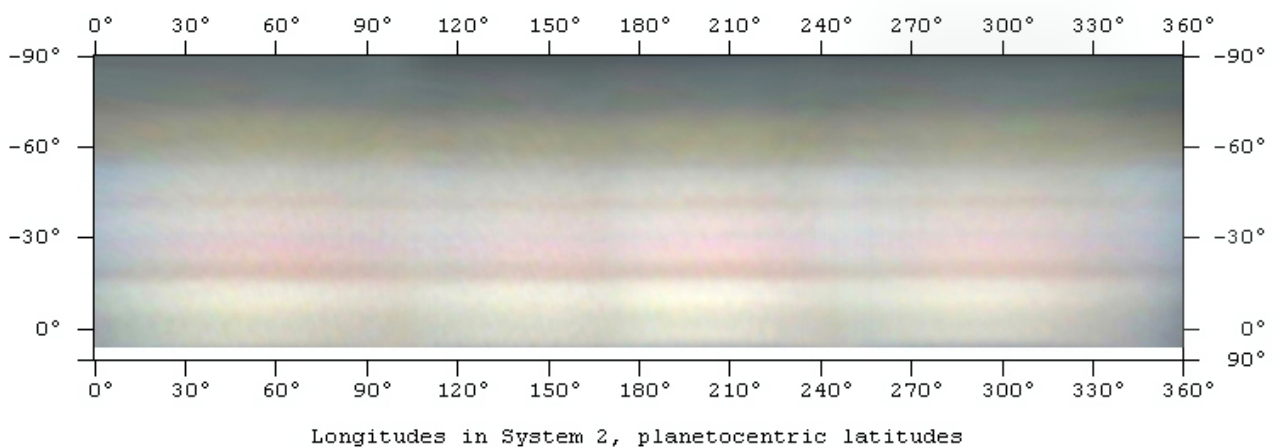
- 1) Zone: parti atmosferiche più chiare, quasi bianche, formate da nubi a quote alte, composte principalmente da cristalli di ammoniaca e da gas più caldo che sale
- 2) Bande: zone più scure formate da nubi più dense, poste a quote più basse e formate da gas freddo che discende verso l'interno
- 3) Cicloni: piccole aree circolari perturbate che spesso assumono una colorazione biancastra (e per questo chiamati WOS= White Oval Spot); più raramente possono diventare di taglia terrestre o maggiore ed assumere colorazioni tendenti al rosso mattone; esempi tipici sono la grande macchia rossa (GRS) e, recentemente la cosiddetta macchia rossa junior.

Sebbene la struttura macroscopica delle bande e delle zone sia sempre la stessa, la loro forma e i dettagli all'interno di esse cambiano rapidamente, anche nel corso di qualche giorno; spesso l'aspetto del pianeta può cambiare radicalmente di anno in anno, con l'assottigliamento delle bande o l'espansione delle bande e la comparsa di macchie bianche (WOS) o modificazione di dettagli già presenti, come la macchia rossa, il cui aspetto è cambiato radicalmente in pochi anni. Giove quindi è un laboratorio sia per gli scienziati che per gli astrofili perché non si presenta mai come lo si è osservato in precedenza.

Oltre alla variabilità data dall'atmosfera del pianeta, Giove possiede numerosi satelliti, di cui 63 sono attualmente quelli noti, moti dei quali non sono altro che piccoli asteroidi o massi irregolari. Di questi infatti, solamente 4 sono alla portata di strumenti amatoriali e si tratta dei famosi satelliti galileiani, scoperti da Galileo mentre osservava il pianeta con il suo cannocchiale che si chiamano, in ordine di distanza dal pianeta: Io, Europa, Ganimede e Callisto. Ganimede è il satellite più grande del sistema solare con un diametro di 5200 Km, più grande della Luna e di Mercurio. Io è invece il più attivo dal punto di vista geologico, con eruzioni vulcaniche spesso immense e visibili anche da terra con telescopi professionali. Tutti e 4 i satelliti hanno un periodo di rotazione attorno al gigante gassoso, dell'ordine di qualche giorno (da 1,7 giorni per Io ai 16,7 per Callisto) e quindi la loro posizione è rapidamente variabile nel tempo e rappresenta un altro importante vantaggio per l'osservazione di Giove.

Il pianeta possiede anche un debole sistema di anelli, sebbene la sua osservazione sia riservata solamente a qualche strumento professionale o alle 3 sonde che fino ad ora lo hanno visitato

Saturno



Planisfero dell'atmosfera di Saturno (proiezione cilindrica) ottenuto con 4 riprese effettuate nel marzo 2005. La mappa copre solo l'emisfero sud, poiché quello nord era nascosto dagli anelli. Si notano zone e bande, analogamente a Giove, anche se sono presenti molti meno dettagli

Saturno è sicuramente il pianeta più strano e affascinante, con i suoi caratteristici anelli, visibili con qualsiasi strumento. Simile per composizione chimica a Giove, ha una densità media minore dell'acqua: se potesse essere contenuto in un ipotetico oceano d'acqua, l'intero pianeta galleggerebbe. Si tratta di un gigante gassoso simile per dimensioni e composizione chimica a Giove, 9,5 volte più grande della Terra, 1/3 meno massiccio del pianeta gigante.

La sua orbita è molto larga e quasi circolare, posta ad una distanza di 9,54 AU, cioè, circa 1 miliardo e 400 milioni di Km, quasi il doppio di quella di Giove (5.20 AU). Il suo periodo di rivoluzione è quindi più lento, di poco inferiore ai 30 anni (29.46), mentre il periodo di rotazione, come quello di tutti i pianeti giganti, è molto rapido, 10,6 ore, tanto da schiacciare il globo ai poli a causa dell'elevata forza centrifuga.

Essendo posto ad una distanza doppia dal gigante del sistema Solare, Saturno riceve 4 volte meno energia da parte del Sole, energia che è la causa principale dell'attività atmosferica di ogni corpo celeste; per questo motivo la sua atmosfera, benché molto simile a quella di Giove, è molto più calma. Come per ogni pianeta gassoso, non esiste una superficie solida, separata dallo strato atmosferico, come per i pianeti rocciosi, piuttosto la distinzione è fatta in base ad una definizione arbitraria: definiamo superficie la quota alla quale corrisponde una pressione atmosferica di 1 bar; strati gassosi superiori costituiscono l'atmosfera del pianeta, quelli inferiori fanno parte della superficie. La temperatura dello strato superficiale è di soli 134°K, cioè -139°C e scende di 35° ad una quota di 110 Km dove la pressione atmosferica si è ridotta ad 1/10. In modo del tutto simile a quella di Giove, l'atmosfera di Saturno contiene molto idrogeno (92.5%), il 6% di elio ed il restante è costituito da metano, ammoniaca ed acqua.

Non possiamo naturalmente non parlare del magnifico sistema di anelli, la cui densità ed estensione lo rendono unico nel sistema solare. Molto si è discusso e ancora lo si fa in merito alla loro formazione; la teoria più accreditata prende in considerazione il passaggio troppo ravvicinato di un satellite che è stato disintegrato a causa della fortissima forza mareale; i detriti, hanno costituito gli anelli che possiamo osservare, la cui massa è molto simile a Mimas, uno dei numerosi satelliti del pianeta, estesi per centinaia di migliaia di Km ma spessi solamente poche centinaia di metri (al massimo 250), e in effetti semi trasparenti. Il sistema di anelli è molto complesso e presenta delle divisioni più o meno marcate, frutto di una combinazione tra l'attrazione gravitazionale di Saturno e la presenza di piccoli corpi, dette lune pastore, all'interno di essi, che ne modellano la forma e l'estensione.

Oltre alle piccole lune pastore, che si pensa possano essere anche molte decine, il sistema di satelliti di Saturno è comunque il più ricco; il più famoso ed interessante è sicuramente Titano, una luna orbitante a circa 1,5 milioni di Km la seconda, per dimensioni, del sistema Solare, ma di gran lunga la più interessante.

Titano infatti è un satellite avvolto da una spessa atmosfera, 1,5 volte più densa di quella terrestre, completamente opaca alle lunghezze d'onda visibili, composta principalmente da azoto, argon e metano, presente in quantità anche in superficie dove forma dei veri e propri laghi. Nonostante la temperatura, a causa della distanza dal Sole, è di soli 94°K (-179°C), Titano ricorda da vicino l'ambiente terrestre antecedente lo sviluppo della vita e non è escluso che i mattoni della vita possano essere presenti. Nella sua atmosfera vi sono imponenti sistemi nuvolosi costituiti principalmente da metano e non è escluso che esso sia la controparte dell'acqua sulla Terra, creando un ciclo simile in tutto e per tutto a quello terrestre.

Urano

È il sesto pianeta del sistema solare, orbitando a quasi 3 miliardi di chilometri dalla nostra stella. Si tratta ancora una volta di un pianeta gassoso, ma più piccolo dei giganti Giove e Saturno, con un diametro 4 volte maggiore di quello terrestre. La sua composizione chimica comunque è molto simile a quella dei giganti, con una netta abbondanza di idrogeno (83%), ed elio (15%) e un 2% di metano, responsabile della colorazione verde-azzurra del pianeta. La particolarità di Urano risiede nell'inclinazione del suo asse di rotazione rispetto al piano dell'orbita, di ben 98°; in pratica, il pianeta rotola sul piano dell'orbita e i poli sono le regioni maggiormente esposte alla luce solare (è come se ruotassimo l'asse terrestre di 70°, con i poli che finirebbero al posto dell'equatore e viceversa), benché molto debole a quelle distanze. La temperatura degli strati atmosferici del pianeta infatti non supera i 58°K, cioè i -215°C. Come gli altri pianeti gassosi, mano a mano che aumenta la profondità, aumenta la temperatura, la pressione e la densità del gas. Si pensa che al suo interno vi sia un nucleo roccioso avvolto da un oceano caldo (2000°C) composto da idrogeno, elio e ammoniaca, che sfuma lentamente nell'atmosfera del pianeta. Urano è l'unico pianeta gigante a non avere una fonte interna di calore: l'esame della luce incidente e quella riemessa dal pianeta è in perfetto equilibrio. La sua atmosfera, benché simile in composizione a quella di Giove e Saturno, è molto meno attiva, anche se mostra una notevole dinamicità, con venti che soffiano a 180 m/s alle latitudini equatoriali.

Non tutti forse sanno che Urano possiede un sistema di anelli, simili a quelli di Saturno, ma molto più deboli e rarefatti, visibili solo con strumentazione professionale. L'anello maggiore è esteso solo per un centinaio di chilometri e spesso solo qualche decina di metri.

Nettuno

L'ottavo e ultimo pianeta del sistema solare è ancora una volta un gigante gassoso, leggermente più piccolo di Urano, ma comunque grande 3,81 volte la Terra e con una massa 17 volte superiore. Alla distanza dal Sole di 30 UA, cioè 4,5 miliardi di Km, Nettuno impiega ben 165 anni terrestri per compiere un giro intorno al Sole, mentre il periodo di rotazione, come tutti i pianeti gassosi, è relativamente breve, di 19,2 ore (all'equatore) e la temperatura si aggira intorno ai 38°K, cioè -235°C. La composizione chimica ricorda molto quella di Urano, con idrogeno, elio, tracce di ammoniaca e metano, che gli conferisce un colore azzurro-verde. La sua atmosfera è stranamente più attiva di quella di Urano e ricorda quella di Saturno, con la comparsa non rara di macchie scure e chiare, e di nubi, simili a cirri terrestri, ma molto diverse in composizione chimica (composte da idrocarburi pesanti in questo caso). La sua struttura interna si pensa essere composta da un nucleo centrale roccioso, da un mantello superiore composto da ghiacci fluidi (acqua, ammoniaca e metano) e da un guscio superiore di idrogeno ed elio che sfuma lentamente nell'atmosfera.

Come per tutti gli altri pianeti giganti, anche Nettuno possiede una numerosa famiglia di satelliti e un sistema di anelli, molto tenue e variabile (in spessore e densità) nel tempo, ancora oggetto di studi.

I satelliti finora scoperti sono 13, di cui, il maggiore e più interessante è senza dubbio Tritone, una luna geologicamente attiva, con geysir che fuoriescono dalla sua superficie, povera di crateri e quindi relativamente giovane.

Plutone

Un tempo il nono ed ultimo pianeta del sistema solare, è stato declassificato a pianeta nano nel 2006 dall'unione astronomica internazionale (IAU), a causa delle sue caratteristiche che lo rendono molto simile ad una gigantesca cometa piuttosto che ad un pianeta vero e proprio. E' stato scoperto il 18 Febbraio del 1930 dall'astronomo Clyde Tombaugh a seguito di previsioni (poi rivelatesi errate) eseguite analizzando il moto, apparentemente perturbato, di Nettuno. La distanza media dal Sole è di 39.5 UA, cioè quasi 6 miliardi di Km; in realtà a causa della sua elevata eccentricità (0.24, più simile alle comete che ai pianeti) essa varia molto tra il perielio (minima distanza dal Sole) e l'afelio (massima distanza dal Sole), passando dai 4,4 ai 7,37 miliardi di Km, con un'inclinazione sul piano dell'eclittica di ben 17° (valore questo molto simile alle comete e a qualche asteroide). Durante il periodo di minima distanza dal Sole la sua orbita attraversa quella di Nettuno portandolo per qualche decina di anni più vicino dell'ottavo pianeta; nonostante ciò, non è possibile che i due corpi celesti entrino in collisione perché esiste un rapporto semplice e costante tra il periodo di rivoluzione di Nettuno e Plutone e quindi i due pianeti non si troveranno mai troppo vicini. Sebbene non sia stato ancora visitato da alcuna sonda, grazie alle osservazioni condotte con grandi telescopi, possiamo affermare che Plutone è un corpo celeste formato quasi completamente da ghiaccio, tra cui una quantità apprezzabile di acqua. A queste enormi distanze dal Sole, gran parte dei composti che sulla Terra sono volatili si presentano in forma solida, come l'anidride carbonica, l'azoto, il metano e l'acqua, questi ultimi due costituenti principali della superficie del pianeta, la cui densità media, di circa 2 g/cm^3 è compatibile con una struttura composta per almeno il 30% da ghiacci. Plutone possiede anche una tenue atmosfera; si pensa che in realtà essa non sia stabile ma che si sviluppi quando il pianeta nano si trova prossimo al passaggio al periastro (avvenuto nel 1989), punto nel quale la radiazione solare riesce a sciogliere gli elementi più volatili che, trasformandosi in gas vanno a costituire un sottile involucro gassoso, simile ad una debole chioma cometaria che precipita al suolo e congela quando il pianeta si allontana dal Sole. Nonostante le sue dimensioni, inferiori a quelle della nostra Luna, Plutone possiede ben tre satelliti, di cui uno è particolarmente grande, soprattutto se rapportato alle sue dimensioni: si tratta di Caronte, scoperto nel 1978, orbitante ad appena 19500 Km dal centro di Plutone, in rotazione sincrona, di diametro di 1207 Km e massa pari ad **1/9 del pianeta nano**. In effetti spesso la coppia Plutone-Caronte è classificata come un pianeta nano doppio, poiché le masse dei due corpi non sono poi così diverse, così come la composizione chimica, che nel caso di Caronte sembra sia leggermente più abbondante di ghiaccio. Gli altri due satelliti sono stati scoperti recentemente e si chiamano Notte e Idra, a distanze rispettivamente di 49000 e 65000 Km, si pensa siano dei piccoli corpi ghiacciati dal diametro di qualche decina di Km.

Comete



La cometa Mcnaught, la più luminosa del secolo, facilmente visibile anche di giorno, come in questa immagine scattata con una normale fotocamera digitale compatta. (12 Gennaio 2007).

Sono gli oggetti del sistema solare più appariscenti, sorprendenti ed imprevedibili, quelli che più appassionano le persone all'osservazione del cielo.

Fisicamente le comete, citando la definizione del grande astronomo Fred Whipple, sono delle palle di neve sporca; in effetti sono piccoli corpi celesti composti principalmente da ghiaccio d'acqua, provenienti dalle regioni più esterne del sistema solare, spesso da un enorme serbatoio posto ben oltre l'orbita di Plutone, chiamato nube di Oort.

Il nucleo di una cometa ha dimensioni tipiche di qualche chilometro ed è invisibile fino a quando, raggiunta una certa distanza dal Sole (tipicamente all'altezza dell'orbita di Giove) i composti più volatili cominciano a sublimare, cioè si trasformano da solidi a gas, andando a formare una gigantesca (ma estremamente rarefatta) atmosfera attorno al nucleo cometario, denominata chioma.

Sotto l'influenza del campo magnetico solare e della pressione di radiazione, la chioma viene deformata fino a formare due distinte code, l'una di ioni e l'altra di polveri.



cometa Q4 Neat, inseguita nel suo veloce spostamento tra le stelle. Rifrattore acromatico da 8 cm, camera CCD e posa complessiva di 38 minuti. (16 Maggio 2004)

La coda di ioni, come suggerisce il nome, è composta da particelle cariche (atomi o molecole private almeno di un elettrone). La radiazione ultravioletta proveniente dal Sole riesce a ionizzare parte del gas neutro presente nella chioma, frutto della sublimazione a causa della radiazione solare. Il componente principale è il monossido di carbonio (CO) : $CO + h\nu \rightarrow CO^+ + e^-$ (dove $h\nu$ rappresenta un fotone, espresso attraverso la sua energia, data dal prodotto della frequenza per la costante di Planck, ed e^- rappresenta un elettrone). Le particelle ionizzate, cioè cariche, sentono la presenza del campo magnetico solare trasportato dal vento solare e vengono sottoposte alla forza magnetica (forza di Lorentz) formando una lunga coda in direzione quasi perfettamente anti-solare.

Gli ioni CO^+ diffondono maggiormente la luce blu rispetto a quella rossa (come succede per ogni tipo di gas, ad esempio l'aria dell'atmosfera terrestre) e la coda di ioni assume la tipica colorazione azzurra.

La coda di polveri è invece composta da particelle solide, generalmente silicati, sui quali agisce la pressione della radiazione e la forza di gravità solare.

Qualsiasi tipo di radiazione produce, sul corpo colpito, una forza netta nella direzione di propagazione.

Sebbene l'intensità della forza sia piuttosto modesta, quando esercitata su particelle piccole e in assenza di altre forze di intensità maggiore, può provocare degli effetti ben visibili, come formazione della coda di polveri delle comete.

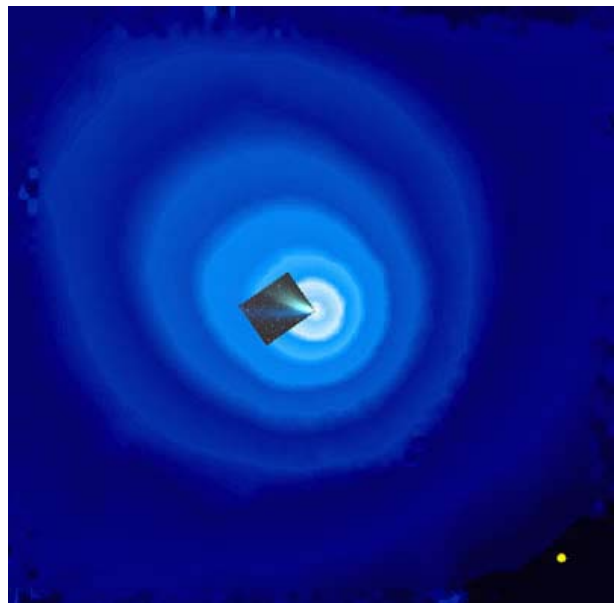
Le particelle inoltre sentono l'attrazione gravitazionale del Sole e della cometa e vengono deviate su orbite solari. E' per questo motivo che la coda di polveri appare spesso incurvata. La colorazione è generalmente bianca e l'aspetto piuttosto diffuso, poiché le diverse dimensioni delle particelle (e il diverso albedo, cioè riflettività) subiscono in modo diverso la pressione di radiazione.

L'analisi delle immagini amatoriali eseguite con filtri colorati permette di determinare con precisione le proporzioni tra la coda di ioni e quella di polveri e di capire la composizione chimica ed il comportamento della cometa.

C'è anche una terza componente della coda, invisibile da Terra perché emette radiazione ultravioletta alla quale la nostra atmosfera è completamente opaca*, il cosiddetto involucro di idrogeno.



La cometa Hale Bopp nel 1997 è stata una delle più spettacolari. Sono ben visibili la coda di ioni (azzurra) e quella di polveri. Ripresa di Danilo Pivato su pellicola e astrografo da 190mm di diametro. Un risultato simile si può ottenere con una reflex digitale e telescopi di diametro inferiore.



L'involuppo di idrogeno della cometa Hale Bopp, ripreso in ultravioletto dalla sonda Soho. Confrontate le sue dimensioni con quelle delle due code cometarie e, in basso a destra, con il Sole!

* La radiazione ultravioletta si estende da 10nm a 380nm. La nostra atmosfera è (parzialmente) trasparente solamente dai 300nm in poi. Se si vuole operare al di sotto di questa lunghezza d'onda occorre trasferirsi nello spazio.

L'idrogeno si forma a causa della foto-dissociazione del vapore acqueo da parte dei raggi ultravioletti solari: $2H_2O + h\nu \rightarrow 2H_2 + O_2$.

Il gas liberato forma un immenso alone che si allunga a causa della pressione di radiazione e dell'interazione con le particelle del vento solare.

Le code cometarie possono raggiungere centinaia di milioni di Km di lunghezza.

Quando osserviamo una cometa non siamo mai in grado di osservare e risolvere il nucleo, piccolo e nascosto dalla chioma.

Mano a mano che essa si avvicina al Sole aumenta il tasso di evaporazione dei gas e aumenta quindi la luminosità e l'estensione della coda e della chioma.

Asteroidi, KBO ed oggetti della nube di Oort

Corpi celesti di dimensioni variabili tra qualche centinaio di Km e pochi metri o centimetri, denominati anche relitti fossili poiché si tratta quasi sempre di detriti formati al tempo della nascita del sistema solare e rimasti immutati per miliardi di anni. Sparsi per il sistema solare esistono milioni di corpi, concentrati perlopiù in una zona compresa tra l'orbita di Marte e quella di Giove, chiamata fascia principale degli asteroidi. In questo spazio vi si trova gran parte di questi piccoli oggetti rocciosi e irregolari, nel posto in cui, a causa dell'intensa forza gravitazionale di Giove, non si è potuto formare un pianeta. I detriti sono quindi rimasti immutati per 4,5 miliardi di anni (l'età del Sistema Solare).

Esistono altri gruppi di asteroidi, ad esempio quello dei Troiani, posti sulla stessa orbita di Giove in due punti lagrangiani (di equilibrio), oppure i Centauri, oltre l'orbita del gigante. Al di là di Nettuno, l'ultimo pianeta, troviamo la fascia di Edgeworth-Kuiper (i KBO) di cui fa parte lo stesso Plutone, classificato però, a causa delle sue dimensioni e forma, come pianeta nano. Spingendoci oltre troviamo il disco diffuso e la nube di Oort; quest'ultima si pensa possa essere un gigantesco serbatoio di piccoli corpi ghiacciati che circonda tutto il sistema solare e si estende fino a 150000 unità astronomiche, cioè fino a 2 anni luce, circa metà strada che separa il Sole dalla stella più vicina, Proxima Centauri (4,23 anni luce).

La differenza maggiore tra gli oggetti appartenenti alla fascia principale e quelli esterni è sostanzialmente la composizione chimica. Tutti i corpi esterni hanno componenti importanti di ghiaccio, sia di acqua che di altri materiali più volatili (anidride carbonica, azoto, ammoniaca, metano), sono cioè potenzialmente tutti delle comete, compreso lo stesso Plutone, poiché se si dovessero avvicinare al Sole gran parte della loro superficie comincerebbe ad evaporare generando una chioma e una coda. In effetti questo comportamento è stato osservato per almeno due corpi celesti: Plutone, che quando è in prossimità del perielio (punto più vicino al Sole) sviluppa una tenue atmosfera che ricorda una chioma cometaria, e Chirone, componente principale dei Centauri, il quale durante i suoi passaggi nelle zone più interne del sistema solare sviluppa anche una coda, alla stregua di una gigantesca cometa. In effetti la differenza tra le comete e questi corpi remoti è solamente di natura osservativa e in parte dinamica: sono comete tutti quei corpi celesti composti da percentuali non trascurabili di elementi ghiacciati che, se si ritrovano a passare a distanze relativamente vicine al Sole (generalmente almeno alla distanza di Giove) sviluppano una chioma e una coda. Morfologicamente e fisicamente tutte le comete appartengono alle diverse famiglie di asteroidi posti oltre l'orbita di Giove; alcune, quelle non periodiche, si pensa siano corpi celesti provenienti dalla nube di Oort proiettati nelle zone interne a causa dell'interazione gravitazionale con altri corpi in quelle remote regioni del sistema solare (o anche il passaggio di una stella). D'altra parte tutte le comete periodiche appartengono alle famiglie di corpi posti nelle vicinanze di Giove, disturbati dalla sua intensa forza gravitazionale.