

Questo breve saggio è stato scritto per aiutare i nostri scrittori in erba a dettagliare mondi fantascientifici plausibili, per dare un taglio opportunamente divulgativo si sono dovuti semplificare molto gli argomenti trattati.

INTRODUZIONE

Per comprendere il testo, è necessario prima consultare questo piccolo glossario: chiedo ai lettori di essere pazienti e di leggerlo con attenzione, vale davvero la pena farlo.

Unità Astronomica (U.A.): corrisponde alla distanza media tra Terra e Sole, che è di circa 149.600.000 km, e viene usata prevalentemente per misurazioni limitate al Sistema Solare.

Anno luce (a.l.): corrisponde alla distanza percorsa dalla luce in un anno. Pertanto, poiché la radiazione luminosa si muove a una velocità di circa 300.000 km/s, un a.l. equivale a una distanza di 9.463 miliardi di km.

Parsec o parallasse – secondo (pc): corrisponde alla distanza di una stella la cui parallasse annuale è di un secondo. Equivale a 3,26 anni luce. Vale la pena ricordare che per parallasse s'intende lo spostamento angolare apparente di un corpo celeste osservato da due punti diversi rispetto a uno sfondo spaziale così lontano da poter essere considerato all'infinito. Fatto sta che la misura dell'angolo di parallasse costituisce il metodo più usato attualmente per esprimere la distanza delle stelle, fra le quali quella più vicina alla Terra è la Proxima Centauri, distante 4,3 a.l.

Bar: corrisponde a una megabar, ovvero 10⁶ dine/cm². Il nome deriva dal greco βαρύς (“pesante”). Una pressione di un bar corrisponde, approssimativamente, alla pressione atmosferica terrestre al livello del mare. Il bar è un'unità di misura della pressione nel sistema CGS e dà un'idea immediata di quanto sia densa o rarefatta un'atmosfera rispetto al Pianeta Terra. Venere ha un'atmosfera con una pressione di 90 bar, quindi novanta volte quella del nostro pianeta, Marte di 0.15 bar, vale a dire il quindici per cento.

Densità Media: ogni pianeta ha una densità media, il referente è la densità dell'acqua considerata 1 in questa scala. I pianeti hanno una densità che può andare da meno di zero (Saturno ha 0,7) in su, si suppone che un pianeta interamente metallico possa avere una densità di 12 in questa scala.

Inclinazione Assiale: è un termine astronomico che si riferisce all'angolo di inclinazione dell'asse di rotazione di un pianeta in rapporto alla perpendicolare al suo piano orbitale. Un pianeta il cui asse di rotazione è perpendicolare al piano dell'orbita ha un'inclinazione assiale di 0°. Nel nostro sistema solare, il piano orbitale della Terra è noto come piano dell'eclittica.

Periodo di Rivoluzione: Il periodo di rivoluzione è il tempo che impiega un corpo orbitante (ad esempio un pianeta) per compiere un'orbita completa, durante cioè il suo moto di rivoluzione.

Periodo di Rotazione: Il periodo di rotazione è il tempo impiegato da un corpo celeste (stella, pianeta, satellite naturale o asteroide) per compiere una rotazione completa sul proprio asse.

PARTE PRIMA: I SISTEMI GALATTICI

Oggi sappiamo che la Via Lattea, di cui fa parte il nostro sistema solare, è una galassia formata da una decina di miliardi di stelle; sappiamo anche che in ogni direzione dello spazio esistono miliardi di galassie e che esse continuano ad allontanarsi da noi e fra loro.

Alcune galassie sono ellittiche, altre a spirale, come la nostra Via Lattea o come Andromeda, che, pur lontana da noi oltre milioni di anni luce, ci appare come una stella di magnitudine cinque; altre ancora sono galassie a spirale sbarrata: il loro nucleo appare attraversato da una sbarra da cui partono le spire.

Gli strumenti ottici più potenti consentono di individuare singoli corpi celesti in galassie lontane fino a un massimo di 50-60 milioni di anni luce: anzi, è proprio dall'analisi della luminosità di alcuni di tali corpi, come le variabili Cefeidi, che si può risalire alla loro distanza. A distanze maggiori le galassie appaiono solo come fioche macchie di luce: la loro distanza dev'essere valutata, in tal caso, con metodi diversi, meno precisi, ma in grado di spingersi fino a oltre dieci miliardi di anni luce, che è la distanza dei sistemi stellari più lontani finora scoperti.

Il numero totale di galassie visibili, fino alle più deboli, è di qualche centinaio di miliardi; rilevamenti statistici di tali oggetti hanno permesso di stabilire che la distanza media tra due galassie è di circa 2,5 milioni di anni luce. In realtà le galassie tendono a riunirsi in gruppi: nel raggio di circa tre milioni di anni luce dalla Via Lattea si trovano una trentina di galassie che formano il Gruppo Locale, ma si conoscono ormai numerosissimi ammassi galattici che comprendono ogni io da centinaia fino a migliaia di galassie. Tali ammassi, con diametri medi di otto pc, sono circondati da ampi spazi “vuoti” e le galassie che li compongono sono legate gravitazionalmente fra loro; la Via Lattea fa parte dell’ammasso della Vergine, intorno al cui baricentro essa ruota insieme alle altre galassie del Gruppo Locale. Infine, sono stati identificati i super ammassi di galassie, estesi per centinaia di mega parsec: ognuno di essi comprende numerosi ammassi ed è circondato da immensi spazi vuoti che lo separano da altri insiemi analoghi. La distribuzione nell’Universo di ammassi e super ammassi non è però uniforme: sono stati individuati, infatti, ampi volumi di spazio privi di materia visibile; è come se tutte le galassie fossero distribuite lungo la superficie di enormi “bolle” di spazio vuoto.

Esistono diverse tipologie di galassie:

le **galassie a spirale** sono raggruppamenti in cui le stelle si raccolgono soprattutto attorno a un centro da cui si dipartono poi due bracci stellari, in modo che l’intera galassia assume la caratteristica forma di una spirale;

le **galassie a spirale barrata** sono abbastanza simili alle precedenti, dalle quali si differenziano per il fatto che al centro presentano non tanto un nucleo bensì una specie di sbarra, dalla quale si allungano i due bracci spiraliformi;

le **galassie ellittiche** sono così dette perché evidenziano la forma di un ellissoide più o meno schiacciato;

le **galassie irregolari** sono quelle che hanno una forma talmente anomala da non rispettare alcun tipo di simmetria. All’interno di questa categoria vanno poi distinte le galassie peculiari, la cui forma, originariamente simmetrica, è stata poi distorta a causa della forza d’attrazione esercitata da galassie vicine, alle quali risultano appunto collegate mediante veri e propri ponti galattici di grande luminosità;

galassie globulari: sono quelle in cui le stelle si riuniscono a formare una sorta di grande sfera, di cui occupano soprattutto la parte centrale;

le **radiogalassie** la cui caratteristica è quella di emettere radiazioni sostanzialmente simili alle onde radio

e in fine le **quasar**. Al di là di tutte le normali galassie finora scoperte è stata poi individuata l’esistenza dei quasar, sigla inglese di “quasi stellar radio source, ovvero “sorgente di radioonde quasi stellare”. Si tratta di oggetti celesti di aspetto puntiforme, capaci di emettere onde radio di enorme potenza. Sono tutti lontanissimi dal Sistema Solare, tanto che, fra gli oggetti celesti finora osservati, quello più distante è proprio un quasar, situato a circa diciotto miliardi di anni luce da noi. Gli scienziati ritengono di poterli identificare come nuclei di galassie che tendono ad allontanarsi progressivamente dalla nostra con una velocità assai vicina a quella della luce.

Biozona galattica

Anche la posizione di un sistema planetario nella galassia è un fattore fondamentale per lo sviluppo della vita come la conosciamo. Presumibilmente sono ospitali alla vita terrestre solo i sistemi stellari sufficientemente vicini al centro galattico, dove si concentrano gli elementi più pesanti che originano i pianeti rocciosi e la vita, a cominciare dalle molecole organiche; ma non troppo vicini al nucleo, poiché sarebbero soggetti alle situazioni caotiche del centro galattico come il Buco Nero centrale, esplosioni di supernovae, radiazioni energetiche d’ogni tipo.

L’alta metallicità della zona centrale gioca a favore della formazione di pianeti massicci anche di tipo terrestre, ma ciò che non è ancora chiaro e che si pensa giochi contro la vivibilità di tali pianeti è la potente forza di gravità che verrebbe a crearsi su queste grandi super terre e tra queste e la loro stella, creando orbite molto strette.

Nella nostra galassia, si crede che la zona galattica abitabile, al momento, si estenda a una distanza

di circa 25.000 anni luce (8 kiloparsec) dal centro galattico, contenente stelle con un'età compresa tra i 4 e gli 8 miliardi di anni.

Non possiamo ancora fare confronti con altre galassie poiché la ricerca di pianeti all'interno della nostra è ancora allo stadio iniziale.

Un esempio di galassia: la Via Lattea

Tutte le stelle e le nebulose visibili dalla Terra senza l'aiuto di grandi strumenti fanno parte della nostra galassia (dal greco gala, latte), cioè di quell'insieme di corpi celesti, circondato da un vastissimo spazio vuoto, che comprende il Sole con il suo sistema planetario.

Oltre alle circa 6.000 stelle visibili a occhio nudo, essa comprende la Via Lattea, quella fascia di aspetto lattiginoso (gli antichi vi riconoscevano gocce di latte sparse da Hera nell'allattare Eracle) che disegna un cerchio massimo sull'intera sfera celeste e che, come dimostrò Galileo, è formata da innumerevoli stelle. Oggi sappiamo che la Via Lattea è formata da una sfera centrale (nucleo galattico) da cui si dipartono lunghi bracci a spirale e comprende oltre 100 miliardi di stelle. Il suo diametro è di circa 100.000 anni luce e lo spessore va dai 15.000 anni luce, al centro, a circa 1.000 anni luce verso il bordo. Il centro è in direzione della Costellazione del Sagittario, a 27.000 anni luce da noi.

Il Sole occupa perciò una posizione periferica, a circa tre quinti del raggio galattico, e si trova sul bordo esterno del "braccio di Orione", così detto perché a questa spirale appartiene la costellazione omonima.

Tutte le stelle dei bracci ruotano intorno al centro della galassia, con velocità decrescenti dal centro alla periferia (per cui i bracci ci appaiono curvati all'indietro rispetto alla direzione della rotazione); il Sole impiega circa 225 milioni di anni per fare un giro completo, con una velocità di 273 km/s.

Oltre alla rotazione, molte stelle mostrano anche un movimento proprio: il Sole, come è stato possibile dedurre dal confronto con il movimento delle stelle circostanti, si dirige, alla velocità di 19,4 km/s, verso un punto della Sfera celeste che è detto apice e che si trova nella Costellazione di Ercole. Lungo la Via Lattea abbonda la materia interstellare, sia diffusa, sia concentrata in nebulose. Infine vi sono gli ammassi stellari, gruppi di stelle relativamente vicine tra loro, che si muovono tutti insieme. Alcuni sono aperti, con le stelle (al massimo qualche centinaio) distribuite in modo irregolare (come le famose Pleiadi); mentre altri sono globulari (star cluster, grappoli di stelle), con le stelle (da 100.000 a 1.000.000) distribuite regolarmente a disegnare una sfera.

Le stelle di un ammasso globulare sono così fitte da essere difficilmente risolvibili come singoli elementi se non nell'estrema periferia; tuttavia il volume che ognuna occupa è ancora tale che le probabilità di collisione tra stelle sono in pratica nulle.

Gran parte degli ammassi si trova al di fuori del disco della galassia e forma, con la sua distribuzione, una specie di nuvola sferica molto rarefatta chiamata alone galattico, con un raggio di circa 50.000 anni luce. Nell'alone mancano le polveri, per cui non vi si possono formare altre stelle; lungo la Via Lattea, invece, nuovi astri continuano a formarsi. Accanto a stelle vecchissime, vi si trovano stelle giovani: queste appaiono più ricche di elementi chimici pesanti, "riciclati" dal vento stellare 0 dalle esplosioni delle stelle più antiche.

La nostra galassia, pur con la sua enorme massa (pari a circa 200 miliardi di volte quella del Sole) e con le sue dimensioni (un diametro di 100.000 a.l.), è solo un piccolo angolo dell'universo. Alcune minuscole macchie di luce, visibili a occhio nudo, e numerosissime altre rivelate dagli strumenti astronomici, corrispondono a oggetti celesti al di fuori della nostra galassia, isolati nello spazio a milioni di anni luce di distanza. Oggi sappiamo che si tratta di altre galassie; ognuna di esse è formata, come la nostra, da centinaia di miliardi di stelle riunite in sistemi di varia forma.

Sistemi stellari extra galattici

Gli astronomi hanno individuato anche zone nella nostra galassia che favorirebbero lo sviluppo della vita più di altre. Il nostro sistema appartiene al Braccio di Orione ed è considerato una zona favorevole in quanto molto lontano dal centro galattico, si trova in una posizione favorevole, poiché: non si trova in un ammasso globulare; non si trova in prossimità di sorgenti gamma;

è distante dal Buco Nero posto al centro della galassia (identificabile con la sorgente Sagittarius A) l'orbita circolare del Sole attorno al centro galattico è relativamente sgombra da oggetti pericolosi o da bracci galattici.

PARTE SECONDA: I SISTEMI STELLARI

Le stelle si muovono nel firmamento, ma nella maggior parte dei casi il loro movimento è per noi impercettibile a causa della grande distanza. Eppure, vi sono stelle della nostra galassia la cui velocità supera i 100 km/s; quelle vicine al Sole sembrano muoversi con velocità media di 20 km/s. Il movimento di una stella è studiato controllando la posizione dell'astro rispetto a stelle circostanti in lunghi intervalli.

Il diagramma H-R

L'evoluzione di una stella può essere oggi rappresentata anche graficamente grazie al diagramma H-R, così detto dalle iniziali degli astronomi E. Hertzsprung e N.H. Russell, i quali, seppure autonomamente l'uno dall'altro, pensarono di poter rappresentare le varie fasi di vita di una stella mediante un diagramma che riporta in ascissa i valori decrescenti della temperatura (dall'origine verso destra) e in ordinata la luminosità espressa in valori logaritmici, con quella del Sole posta come unità di misura.

La maggior parte delle stelle risulta distribuita lungo una fascia che taglia trasversalmente il diagramma, detta sequenza principale, all'interno della quale si passa via via dalle stelle più grandi e più calde, di colore azzurro, poste in alto a sinistra, a quelle più piccole e fredde, di colore rosso, poste in basso a destra.

Il Sole si colloca quasi al centro della sequenza principale, a dimostrazione del fatto che si tratta di un astro che sta ancora attraversando la sua lunga fase di stabilità. All'esterno della suddetta sequenza si trovano sia gruppi di Nane Bianche, dotate di alta temperatura ma di bassa luminosità, poste in basso a sinistra nel diagramma; sia gruppi di giganti e superGiganti Rosse, estremamente luminose ma con basse temperature, a loro volta raggruppate nelle zone in alto a destra del diagramma.

Classe spettrale e luminosità

La diversa luminosità delle stelle è la caratteristica che ha suggerito di suddividerle in classi sulla base del loro splendore: questa suddivisione prende il nome di classe spettrale. La luminosità di una stella è misurata con fotometri fotoelettrici, simili a esposimetri fotografici, montati su telescopi. La luminosità delle stelle qui adottata è misurata in Luminosità Solare: in altre parole, quante volte la stella è più (o meno) luminosa del Sole.

La classe spettrale di una stella indica la temperatura della fotosfera, che per le stelle della sequenza principale è legata alla loro massa.

Le stelle K (arancioni), G (gialle) ed F (gialle-bianche) sono le più adatte ad accogliere la vita perché bruciano per almeno qualche miliardo di anni.

Le stelle più luminose, come quelle delle classi O (blu), B (azzurre) e A (bianche), bruciano in generale per meno di un miliardo di anni e in certi casi addirittura per meno di dieci milioni di anni. Le stelle K, G ed F inoltre emettono sufficiente radiazione ultravioletta per catalizzare importanti reazioni nell'atmosfera, come la formazione dell'ozono, che non deve superare una certa quantità, perché questo distruggerebbe la vita.

Nel diagramma Hertzsprung-Russel le stelle non si distribuiscono a caso, ma in grandissima parte si raccolgono lungo una fascia che attraversa diagonalmente il diagramma, chiamata sequenza principale. In tale sequenza quelle stelle sono disposte secondo un ordine regolare, da quelle blu, più calde e con massa maggiore, fino a quelle rosse, più fredde e di massa minore. Il Sole vi compare in posizione intermedia, come una stella gialla (tipo G). Al di fuori della sequenza principale, nella parte in alto a destra del diagramma, compaiono stelle Giganti Rosse: hanno la stessa temperatura superficiale e quindi lo stesso colore di stelle della sequenza principale, ma rispetto a queste sono molto più luminose, per cui devono avere una superficie radiante, cioè che

emette energia luminosa, molto più estesa. Alcune di queste stelle sono così grandi da essere chiamate supergiganti. Un altro gruppo di stelle esterno alla sequenza principale occupa la parte in basso e verso sinistra del diagramma: tali stelle hanno lo stesso colore di quelle della sequenza principale, ma sono molto meno luminose, per cui devono essere molto più piccole: vengono dette Nane Bianche anche se non sono soltanto di questo colore.

STELLE

Con l'impiego di opportuni strumenti, gli spettroscopi, un qualunque raggio luminoso dà origine a uno spettro, cioè a una striscia formata da bande con tutti i colori dell'iride: dal rosso, che corrisponde a luce con lunghezza d'onda maggiore, al blu, con lunghezza d'onda minore. Gli spettri sono una specie d'impronta digitale dei vari elementi chimici e costituiscono un potente strumento d'indagine, poiché con uno spettrografo è possibile ottenere lo spettro anche di corpi lontanissimi. Esaminando le posizioni e gli spessori delle righe negli spettri è possibile determinare gli elementi o i composti chimici del corpo da cui proviene la luce o delle masse gassose attraversate dalla luce stessa. In realtà la questione non è così semplice, perché il "tipo spettrale" dipende dalla temperatura del corpo emittente e le stelle non hanno tutte la stessa temperatura, come rivelano in prima approssimazione i differenti colori con cui ci appaiono, strettamente legati alle temperature superficiali delle singole stelle. Si ricordi che all'aumentare della temperatura di un corpo diminuisce la lunghezza d'onda delle radiazioni luminose che esso emette in prevalenza: si passa, cioè, dal rosso al blu. Nella Costellazione di Orione, visibile nei nostri cieli invernali e primaverili, l'enorme stella Betelgeuse appare rossa, mentre l'altra stella molto luminosa, Rigel, è bianco-azzurra. La prima emette energia soprattutto sotto forma di luce rossa, cioè a lunghezze d'onda maggiori, per cui sappiamo che è relativamente fredda: circa 3.000 kelvin (K); la seconda invece emette energia soprattutto come radiazioni luminose di lunghezze d'onda minori, che appaiono bianco-azzurre al nostro occhio, ed è, quindi, molto calda: oltre 12.000 K. All'analisi spettroscopica, le diverse temperature delle stelle si traducono in pratica in differenti tipi spettrali: le stelle vengono perciò suddivise in una serie di classi spettrali ordinate in funzione di valori decrescenti della temperatura. La classe spettrale O, per esempio, comprende le stelle a più alta temperatura superficiale (30.000-60.000 K), di colore bianco-azzurro, mentre la classe M raccoglie le stelle più "fredde" (3.000 K), di colore rosso; il nostro Sole appartiene a una classe intermedia, con stelle di colore giallo e temperature di 5.000-6.000 K. La luminosità delle stelle si riduce al diminuire della loro temperatura, per cui è possibile risalire dalla classe spettrale di una stella alla sua magnitudine assoluta: è proprio questa la relazione alla base del metodo per determinare le distanze stellari descritto all'inizio. Le analisi spettrali, eseguite ormai su centinaia di migliaia di corpi celesti, hanno mostrato una notevole uniformità nella composizione chimica delle atmosfere stellari, cioè della parte estrema dell'ammasso di materia di cui è costituita una stella. Per la maggior parte tale materia è costituita di idrogeno (80%) e di elio (19%), mentre la parte rimanente (meno dell'1%) comprende tutti gli altri elementi chimici che conosciamo.

Nane Brune

Le nane brune sono un tipo particolare di oggetti celesti che possiedono una massa più grande di quella di un pianeta, ma pari a meno di un decimo di quella del Sole, corrispondente a 75-80 MJ, che è considerata la massa minima perché abbia luogo la fusione dell'idrogeno propria delle stelle. Il limite minimo che separa i giganti gassosi massicci e le sub-nane brune dalle nane brune è di circa 13 MJ, limite superato il quale avviene la fusione del deuterio, mentre oltre le circa 65 MJ avviene anche la fusione del litio. Le nane brune sono probabilmente più numerose ancora delle nane rosse ma non sono definite stelle, e dunque non compaiono nella statistica anche perché fornendo una quantità minima di calore ai propri sistemi planetari è probabile che non ospitino la vita come noi la conosciamo.

Le Nane Brune sono suddivise in quattro categorie:

- 1) Classe M con temperature dai circa 1.900 ai 2.400 °C;
- 2) Classe L con temperature intorno ai 1.400 °C;

- 3) Classe T con temperature intorno ai 900 °C;
- 4) Classe Y con temperature intorno ai 25 °C e inferiori.

Nane Rosse

Le nane rosse sono tra il 70 e il 90% delle stelle della nostra galassia, dunque determinare condizioni di abitabilità di questi sistemi significherebbe dare una stima precisa delle possibilità della vita all'interno della nostra galassia. Le nane rosse sono, secondo la classificazione stellare, sia di tipo K che di tipo M, ed emettono una luce rossa; le nane rosse più vicine a noi, Proxima Centauri e la Stella di Barnard, nonostante siano molto più vicine delle altre stelle che noi vediamo, non sono visibili a occhio nudo.

Le nane rosse hanno masse tra le 0.1 e le 0.6 masse solari e dunque irradiano una luce che è tra lo 0.01 e il 3% di quella solare. Per avere una temperatura superficiale simile a quella terrestre, un pianeta di questi sistemi si dovrebbe collocare tra le 0.03 e le 0.3 UA dalla stella.

A queste distanze, la gravità della stella genera una rotazione sincrona e il pianeta sarà sempre illuminato da una parte e dall'altra non lo sarà mai. La sola possibilità perché una vita potenziale non sia condizionata da un calore o da un freddo estremi è il caso in cui il pianeta abbia un'atmosfera sufficientemente spessa da trasferire il calore dal lato chiaro verso la parte in ombra. Per molto tempo si è creduto che un'atmosfera così non avrebbe permesso una qualche fotosintesi, ma studi successivi e modelli più approfonditi (Robert Haberle, Manoj Joshi, Martin Heath) hanno dimostrato come possa esistere acqua ghiacciata in superficie o liquida sotto il suolo o una crosta ghiacciata con un'atmosfera solo il 15% più spessa di quella terrestre. I modelli mostrano però una decisa presenza di gas serra come CO₂ e H₂O che convogliano calore verso il lato scuro del pianeta.

Un aiuto, parlando di calore, potrebbe venire da fonti geotermiche che produrrebbero calore in atmosfera e aiuterebbero a mantenere sopra il punto di congelamento l'acqua dei mari.

Naturalmente, una fotosintesi "terrestre" (funzionante con la luce visibile) sarebbe complicata dalla mancanza di luce proveniente dalla stella, mentre la fotosintesi richiederebbe sei fotoni per scindere la molecola d'acqua a fronte dei due necessari sulla Terra, a causa della loro poca energia. Per adattarsi a queste condizioni, il fogliame sarebbe nero. Inoltre una chance in più per la vita sarebbe data dalla poca radiazione ultravioletta proveniente da una nana rossa e la conseguente inutilità di uno strato di ozono. Per questo motivo, a patto che si verificino queste condizioni, una qualche forma di vita è ammessa anche in questi sistemi. Un rischio è dato dal comportamento intrinseco di queste stelle che spesso sono coperte da vaste macchie solari che ne diminuiscono la luce anche del 40% per mesi e altrettanto spesso hanno eruzioni stellari che ne raddoppiano la luminosità in pochi minuti. Ciò potrebbe risultare dannoso o produttivo: nel secondo caso questi comportamenti potrebbero stimolare lo sviluppo delle specie e delle mutazioni in favore di cambiamenti climatici. Un vantaggio è dato, per contro, dalle migliaia di miliardi di anni in cui queste stelle brillano stabilmente permettendo eventualmente alla vita di evolversi con calma.

Gigante Rossa

Alla fine il combustibile nucleare si esaurisce e la stella, sotto la pressione del suo enorme campo gravitazionale non più contrastato, deve lasciare la fase di Gigante Rossa per avviarsi alla fine.

Nane e Giganti Blu

La classe spettrale di una Nana Blu e di una Gigante Blu è quasi la stessa (la differenza sta nelle dimensioni e nella superficie, più estesa per le Giganti, quindi maggiore luminosità rispetto alle Nane Blu, ma le temperature superficiali sono abbastanza simili anche se le Nane sono più calde 30.000 e 52.000 K) O V per la Nana Blu (classe V), O B per la Gigante Blu (classe III, 20.000 K).

Che differenza c'è tra Nane e Giganti Blu?

Le prime hanno ricevuto in "dono" il combustibile da un'altra stella compagna salendo di "classe" energetica rispetto alla loro massa iniziale.

Le seconde, hanno avuto una sequenza iniziale da Stelle Giganti aggregate in ammassi come la

Costellazione di Orione.

Le Nane Blu o Vampire o Vagabonde Blu

Le Nane Blu sono stelle associate a sistemi binari. In questi sistemi, una delle due (quella con meno massa) aspira idrogeno dalla compagna binaria più massiva incrementando la sua temperatura superficiale verso la radiazione corrispondente al blu.

Il termine Vagabonde deriva sempre da questa caratteristica in quanto, attingendo massa dalla stella compagna, violano la loro sequenza iniziale nel Diagramma Hertzsprung-Russell. L'attingere "combustibile" da una stella compagna fa apparire queste stelle più giovani (essendo più brillanti rispetto alla loro sequenza evolutiva) con una apparante sottodatazione stimabile (dovrebbero essere già nella sequenza delle Giganti Rosse, mentre si sono soffermate in uno stadio che da transitorio, forse il più transitorio nelle sequenze evolutive, è diventato molto più permanente rispetto a una stella singola). Queste sono le Nane Blu dette anche Vagabonde e Vampire.

Nebulosa Planetaria

Alla trasformazione in una Gigante Rossa, seguita dalla formazione di una nebulosa planetaria e, se la massa e alcune volte quella del Sole l'oggetto si trasformeranno in una Nana Bianca.

Stelle con massa iniziale poco differente a quella del Sole devono collassare gradualmente fino a divenire corpi delle dimensioni della Terra, per cui la loro densità deve arrivare a milioni di volte quella dell'acqua e la materia si presenta in uno "stato degenerato", con i nuclei degli atomi immersi in un "mare" continuo di elettroni. Sarebbe questa l'origine delle Nane Bianche che, riscaldate dal processo di contrazione ma prive di una fonte di energia nucleare, sono destinate a raffreddarsi lentamente.

Nane Bianche

Dopo la fase di Gigante Rossa l'evoluzione stellare segue vie diverse secondo la massa iniziale della stella. Le stelle con massa iniziale pari a quella del Sole o alcune volte maggiore (tra 0,8 e 8 volte quella del Sole) diventano Nane Bianche, ma prima attraversano una fase particolare. Arrivate allo stadio di Giganti Rosse, finiscono per espellere i loro strati più esterni che, trascinati via da un imponente vento stellare, danno origine a nubi sferiche di gas in espansione. Tali involucri gassosi, che contengono parte degli elementi che si sono formati nel nucleo della stella centrale, cioè idrogeno, elio, carbonio, ossigeno, azoto eccetera, sono chiamati nebulose planetarie poiché ai primi osservatori, nel secolo scorso, apparivano come dischetti luminescenti simili ai pianeti. Con la perdita dell'involucro esterno, la Gigante Rossa si trasforma in un nucleo rovente che si contrae e si riscalda ulteriormente a spese dell'idrogeno residuo. Dopo alcune migliaia di anni, la fusione nucleare si esaurisce e la stella inizia a raffreddarsi; alla fine, la nebulosa scompare e la stella centrale, compatta e nuda, diventa una Nana Bianca.

Stelle di neutroni

Quando la pressione degli elettroni degenera, non è più in grado di controbilanciare il collasso gravitazionale e si avvia il processo che porta la stella morente a evolvere in una stella di neutroni. Perciò, quando la massa rimanente della stella è superiore a 1,44 masse solari, non si stabilizza nello stadio di Nana Bianca ma procede oltre, fino ad arrivare appunto allo stadio di stella di neutroni.

Buchi Neri

Se la massa originaria della stella è qualche decina di volte quella del Sole, dopo la fase di supernova il collasso gravitazionale non trova più forze sufficienti a contrastarlo: la contrazione prosegue, la densità continua ad aumentare e si forma un corpo sempre più piccolo, circondato da un campo gravitazionale immenso. Una porzione di spazio, non più grande di una decina di chilometri, si trasforma in un vortice oscuro in grado di attirare dentro di sé e di far scomparire qualunque corpo o particella entri nel suo raggio d'azione: neanche le radiazioni, compresa la luce,

potrebbero uscirne, per cui è molto appropriato il nome di Buco Nero con cui viene indicato.

Nascita di un sistema solare

Con il proseguire dell'addensamento e della contrazione, l'energia gravitazionale si trasforma in energia cinetica e di conseguenza aumenta la temperatura del corpo gassoso, che si trasforma in una protostella, da cui partono grandi quantità di radiazioni infrarosse. A causa della forza di gravità, la contrazione prosegue e il nucleo della protostella si riscalda; ma se la massa iniziale è scarsa, ad esempio qualche centesimo della massa solare, la temperatura non arriva a far innescare le reazioni termonucleari: la contrazione si arresta e il corpo si raffredda, lasciando una fredda e buia nana bruna (una «stella mancata»).

Se invece la massa è sufficiente, continua a riscaldarsi, fino a raggiungere temperature di quindici milioni di K, sufficienti a far innescare il processo termonucleare di trasformazione dell'idrogeno in elio. Il calore liberato da tale reazione fa aumentare la pressione dei gas verso l'esterno, fino a compensare la forza di gravità: si giunge così a una fase di stabilità, durante la quale la stella, ormai adulta, si trova sulla sequenza principale del diagramma H-R, che rappresenta, quindi, la fase dell'evoluzione di una stella nel corso della quale la fonte di energia è la «combustione nucleare» dell'idrogeno. La sua posizione e la sua permanenza nella sequenza principale dipendono dalla massa iniziale della nebulosa da cui si è originata: stelle nate con grande massa diventano più calde, blu, e consumano il loro idrogeno più rapidamente (nel giro di milioni di anni); stelle con massa piccola rimangono meno calde, rosse, e sono più longeve (miliardi di anni). Le stelle gialle rimangono nella sequenza circa dieci miliardi di anni: il Sole, che ha già cinque miliardi di anni, è una stella «di mezza età».

PARTE TERZA: PIANETI

I Pianeti si muovono intorno al sole descrivendo orbite ellittiche, il senso di rotazione è antiorario (tranne quello di Venere e Urano), i pianeti si differenziano per quel che riguarda la distanza dal sole, le dimensioni e le temperature.

Per le caratteristiche fisico-chimiche si possono dividere in due gruppi:

Pianeti terrestri come Mercurio, Venere, Terra e Marte

Hanno pochi satelliti e una bassa velocità di rotazione (intorno al proprio asse) intorno al Sole, sono solidi, hanno una densità maggiore di quelli gassosi, sono formati da materiali rocciosi e metallici con minime quantità di gas. I materiali non sono distribuiti in maniera uguale, infatti al centro ci sono quelli più pesanti. La densità varia a seconda del punto che andiamo a esaminare. La densità della terra è maggiore all'interno perché lì ci sono i materiali più pesanti. La loro densità è cinque volte maggiore di quella dell'acqua.

Pianeti gioviani come Giove, Saturno, Urano e Nettuno

Hanno una grande massa, molti satelliti, un'elevata velocità di rotazione sul proprio asse e quindi hanno una forma più schiacciata. La densità (da 0,7 volte quella dell'acqua, come Saturno, in su) quindi è notevolmente minore. Sono corpi gassosi e hanno un volume elevato. Essendo più massicci rispetto ai terrestri, infatti, trattengono le molecole dei gas leggeri e per la bassa temperatura e grande distanza dal sole. Le molecole delle sostanze che costituiscono l'atmosfera non raggiungono una velocità di fuga sufficiente. Sui pianeti di tipo terrestre l'atmosfera è importante perché contribuisce a definire la temperatura superficiale del pianeta in base alla capacità di riflettere/assorbire radiazioni e determina l'albedo (potere riflettente). Le proprietà dell'atmosfera dipendono dalla sua composizione: può fungere da schermo e fermare le radiazioni nocive (ozono sulla Terra), può impedire la dispersione del calore della superficie, può essere sede di fenomeni fisici/chimici. I pianeti gioviani hanno un piccolo nucleo centrale formato da materiali rocciosi e metallici, per il resto sono formati da gas.

TIPI DI PIANETA

Super Terra

Si definisce Super Terra un pianeta extrasolare roccioso con massa compresa tra 1,9 e 10 masse terrestri. Il termine usato si riferisce esclusivamente alle dimensioni del pianeta e non comunica altre informazioni. A causa della maggiore massa rispetto a quella terrestre, le Super Terre presentano un alto valore di gravità superficiale. Studi teorici hanno ipotizzato il legame tra le dimensioni dei pianeti terrestri (nelle loro varianti) e la loro composizione chimica, il che sembrerebbe applicarsi correttamente per la Terra e per un presunto pianeta oceano come Gliese 876 d.

Pianeta Oceanico

Con questo termine s'indica la classe di pianeti caratterizzati dalla superficie completamente ricoperta da un profondo oceano d'acqua.

Durante la formazione di un sistema planetario la distanza cui si forma un pianeta è uno dei fattori che ne determinano la composizione chimica. In particolare, i pianeti che si formano oltre il "limite della neve" tendono a concentrare in essi sostanze volatili come acqua, ammoniaca e metano, fino a quantità pari al 50% del loro peso.

Simulazioni numeriche compiute su sistemi planetari in formazione dimostrano che questi pianeti, o ipotetiche lune ghiacciate, possono migrare all'interno del sistema avvicinandosi o allontanandosi dalla stella madre. Esiste dunque la possibilità che un pianeta oltrepassi il limite della neve e consenta al ghiaccio di fondere in acqua e il mantenersi di quest'ultima allo stato liquido; vista la quantità d'acqua posseduta da questi corpi, essa si trasformerebbe in un oceano globale profondo anche centinaia di chilometri.

Ma quest'oceano dove poggerrebbe? Le immense pressioni che si verrebbero a formare sul fondo di questo pianeta favorirebbero la formazione di un mantello ghiacciato, cristallizzato in forme esotiche non presenti sulla Terra.

Potrebbe capitare anche che tale pianeta si trovi troppo vicino alla stella e che l'ebollizione dell'acqua porti alla formazione di una superficie non ben definita.

Mondi di carbonio

Questi oggetti astronomici (pianeti, pianeti nani, lune, asteroidi eccetera) secondo l'ipotesi dell'astrofisico Kouchner potrebbero formarsi da un disco protoplanetario ricco di carbonio o povero d'ossigeno, gli elementi potrebbero organizzarsi in carburi e composti del carbonio, piuttosto che in silicati.

Con pianeta di carbonio o pianeta di diamanti o pianeta di carburi si indica il prototipo teorico di una tipologia di pianeti terrestri.

Nella parte interna di un tale sistema planetario si formerebbero pianeti aventi un nucleo ferroso circondato da un mantello interno di carburi e uno esterno di grafite, sovrastato da una sottile crosta. In alcuni casi si potrebbe avere un'atmosfera ricca di composti del carbonio.

Teoricamente un pianeta di carbonio dovrebbe essere meno denso di un suo omologo ferrosiliceo e avere una superficie scura o rossastra a causa degli idrocarburi.

Secondo il modello di Kouchner, un pianeta di carbonio con temperature come quelle della Terra avrebbe un'atmosfera in cui abbonda il monossido di carbonio (CO), scarseggia di ossigeno (O₂, O₃) e di composti ricchi d'ossigeno come CO₂. Un tale pianeta con temperature minori di quelle terrestri avrebbe un'atmosfera ricca di metano (CH₄).

Nel Sistema Solare non esistono pianeti di carbonio, ma le condriti carbonacee hanno una composizione chimica assimilabile a quella di un tale pianeta.

Pianeti di Diamante

Se il pianeta è almeno quindici volte più massiccio della Terra, gli strati sotto la crosta rocciosa potrebbero essere ricchi di diamanti. Come illustrato al meeting dell'American Geophysical Union, secondo questi modelli in tali pianeti rocciosi le condizioni di temperatura e pressione presenti nel mantello sarebbero le più favorevoli alla trasformazione del carbone in diamante, sino a raggiungere un totale del 50% dell'intero pianeta. In definitiva saremmo di fronte a un pianeta fatto per metà di

roccia e per metà di pietra preziosa. Peccato che questo comporti nello stesso tempo condizioni tutt'altro che ospitali: un mantello di diamanti produce un rapido raffreddamento dell'interno e impedirebbe la formazione di un campo magnetico e di un'atmosfera, due "scudi" fondamentali per la nostra salute.

Pianeti Metallici

Previsto solo dai modelli che considerano tutte le eventuali tipologie di pianeti extrasolari riscontrabili, non ne è stato ancora osservato uno.

Un astro che potrebbe appartenere a questa classe è il nostro Mercurio.

Un pianeta di ferro sarebbe caratterizzato da un massiccio nucleo ricco di ferro e un sottile mantello (o nessun mantello). Pianeti di questo genere potrebbero essere i resti di pianeti di silicati e metalli che hanno subito la perdita degli strati superficiali a causa d'intensi e catastrofici bombardamenti. Questi pianeti sono più piccoli e densi dei pianeti di pari massa. Non avrebbero tettonica delle placche o un forte campo magnetico poiché si raffredderebbero subito dopo la loro formazione.

Gli asteroidi

All'interno del Sistema Solare esistono anche dei corpi minori, il cui diametro è appena di qualche decina di chilometri: si tratta degli asteroidi (o pianetini), i quali, dal momento che orbitano anch'essi intorno al Sole secondo orbite ellittiche, non vanno confusi con dei satelliti, ma rappresentano dei veri e propri micropianeti. Finora ne sono stati osservati quasi 8.000, ma il loro numero reale è sicuramente assai maggiore. Si concentrano soprattutto nella zona di spazio compresa fra Marte e Giove, dove formano la cosiddetta fascia degli asteroidi. Il più grande finora conosciuto è Cerere. In prossimità della Terra, invece, passa il gruppo di asteroidi denominati Apollo.

Le meteore

Dagli asteroidi vanno opportunamente distinte le meteore, che invece costituiscono degli agglomerati di materia di dimensioni ancor più ridotte, spesso osservabili anche in gruppi quando formano i cosiddetti sciami meteorici. Al contatto con l'atmosfera terrestre, le meteore si riscaldano rapidamente per l'attrito, così da lasciarsi dietro un alone luminoso che le rende simili a "stelle cadenti". Tale fenomeno appare particolarmente evidente nel mese di agosto, quando l'atmosfera terrestre entra in contatto con lo sciame delle Perseidi, che, nella famosa notte di San Lorenzo (10 agosto), danno luogo a circa 300 meteore ogni ora, ripetendo puntualmente questo spettacolo ogni volta che tornano a passare nelle vicinanze della Terra.

Meteoriti

Va comunque ricordato che le meteore sufficientemente grandi, ossia di dimensioni tali da non bruciare completamente al contatto con l'atmosfera, sono anche precipitate sulla superficie terrestre. In tal caso, prendono il nome di meteoriti, che, giungendo al suolo a velocità considerevoli, scavano profondi crateri, come quelli osservabili anche sulla Luna e su diversi altri pianeti del Sistema Solare.

I meteoriti più comuni si possono distinguere in:

sideriti, costituiti soprattutto da ferro, con una piccola quantità di nichel;

asideriti o litoidi, composti essenzialmente di silicati;

mesosideriti, che hanno una composizione intermedia rispetto ai due tipi precedenti;

condriti carbonacee, particolari meteoriti molto antichi contenenti notevoli quantità di composti organici del carbonio, con la materia parzialmente disposta in piccoli grumi.

Le comete

Le comete sono corpi celesti formati da un nucleo di gas e vapori ghiacciati, con l'aggiunta di elementi rocciosi e metallici. Muovendosi lungo orbite eccentriche, le comete possono anche avvicinarsi al Sole: in tal caso, il calore fa evaporare una parte dei gas congelati, sicché in testa alla

cometa viene a formarsi un alone di luce riflessa che prende il nome di chioma. Parte della materia che forma la chioma viene a sua volta soffiata via dal vento solare, per cui dalla parte opposta della cometa viene a formarsi anche una coda, la quale può allungarsi per milioni di chilometri in direzione opposta a quella del Sole. Quindi, man mano che si allontana dall'astro solare, la cometa ritorna allo stato di ghiaccio, per poi riprendere la chioma e la coda in concomitanza con un nuovo passaggio intorno al Sole, ragion per cui, col passare del tempo, è inevitabilmente destinata a perdere progressivamente una parte della propria materia, fino a estinguersi completamente. Va altresì ricordato che le orbite delle comete possono essere divise in due gruppi:
a corto periodo di rivoluzione, inferiore a duecento anni;
e a lungo periodo di rivoluzione, superiore ai duecento anni.

Pianeti Nani

Un pianeta nano è un corpo celeste di tipo planetario orbitante attorno a una stella e caratterizzato da una massa sufficiente a conferirgli una forma sferoidale, ma che non è stato in grado di "ripulire" la propria fascia orbitale da altri oggetti di dimensioni confrontabili: per questo non rientra nella semplice denominazione di pianeta. Nonostante il nome, un pianeta nano non è necessariamente meno massiccio o più piccolo di un pianeta. In teoria non vi è limite alle dimensioni dei pianeti nani. Si osservi inoltre che la classe dei pianeti è distinta da quella dei pianeti nani, e non comprende quest'ultima.

PARTE QUARTA: PIANETI DI TIPO TERRESTRE ABITABILI

Per essere abitabile un pianeta deve avere una serie di requisiti: gravità sufficiente, campo magnetico, un Giove Buono (o qualcosa che ne faccia le veci), acqua allo stato liquido.

Gravità: deve avere una gravità di almeno 0,76 G, al di sotto di questa gravità il vapore acqueo non perdura per miliardi di anni.

Temperatura: il pianeta deve trovarsi all'interno della biozona. La temperatura superficiale è influenzata da diversi fattori: le radiazioni emanate dal sole, la distanza del sole, la durata di giorno e notte, l'inclinazione dell'asse di rotazione e le variazioni insolazioni e irraggiamento le caratteristiche dell'atmosfera che trattiene calore il calore interno del pianeta che determina un'emissione di radiazioni infrarosse verso l'esterno.

Campo magnetico: il vento solare tende a soffiare via le atmosfere dei pianeti in direzione opposta. Un pianeta deve possedere un campo magnetico capace di contrastare il vento solare, oppure se è il satellite di un altro pianeta con un'estesa magnetosfera può sfruttare quella come scudo.

Giove "Buono": Sono pianeti gassosi giganti di massa gioviana che orbitano stabilmente lontano dalla zona abitabile del sistema, in modo da non perturbarla, contribuendo a stabilizzare le orbite, e dunque i climi, dei pianeti interni. Inoltre, limitano e bloccano la maggioranza delle comete e degli asteroidi che potrebbero impattare su questi pianeti interni protetti. Nel sistema solare Giove ha questo ruolo, dimostrato ufficialmente nel 1994 in occasione della cometa Shoemaker-Levy 9 che si schiantò su di esso evitando di entrare così nella zona abitabile del sistema.

Le masse dei pianeti

I pianeti con massa inferiore tendono a raffreddarsi prima e quindi: emettono meno calore interno, hanno meno attività vulcanica, hanno meno attività sismica, hanno un campo magnetico meno intenso.

I pianeti con massa maggiore tendono a: mantenere a lungo un alto calore interno, ad avere più attività tettonica, vulcanica e sismica, ad avere un campo magnetico più intenso.

Eccezioni

La Terra e Venere hanno massa e composizione analoghe ma Venere è tettonicamente e magneticamente morto mentre la Terra è ancora attiva. Questo perché le forze mareali della Luna contribuiscono a riscaldare internamente la Terra.

Un pianeta più denso con un nucleo più ricco di elementi fissili emetterebbe un maggiore calore interno rispetto a uno meno denso e più povero di elementi fissili.

Un pianeta più giovane è più caldo e più attivo. Persino Marte, che non ha mai avuto abbastanza massa da trattenere stabilmente il vapore acqueo, per un certo periodo ha ospitato un'idrosfera.

Come vedremmo il mondo sotto una luce diversa

L'occhio umano percepirebbe le stelle M, K, G ed F, sempre degli stessi "colori" che sono prossimi ai 555 nm (nanometri) e 507 nm (nanometri).

L'anatomia dell'occhio umano è sensibile alla gamma di colori compresa tra 380 e circa 750 nm. Ma la percezione primaria della radiazione emessa da queste stelle (da parte dell'occhio umano) rientrerebbe nella stessa gamma di quella del nostro Sole. La radiazione luminosa diretta emessa da una Gigante Rossa, una "arancione" e una Nana Blu o Gigante Blu prevede la sovrapposizione di tutte le lunghezze d'onda cromatiche. Non ci sarebbero particolari differenze percettive rispetto al Sole e a variare sarebbero semmai le intensità. Per intensità minori (stella arancione e Gigante Rossa) la sensibilità dei coni al centro della retina si attesta intorno ai 507 nm per intensità maggiori ai 555 nm e siamo sempre nella gamma di una luce costituita da frequenze giallo-verde percepite come luce bianca.

L'occhio umano non è una videocamera! Molti mondi abitabili ci apparirebbero nella colorazione attuale.

La definizione di stella Blu, Rossa, Verde, Bianca non si riferisce al colore percepito dall'occhio umano (se fossero visibili direttamente) ma dalla frequenza di emissione superficiale della loro "cromosfera" corrispondente alla temperatura superficiale della medesima.

È la lunghezza d'onda "termica" caratteristica della stella ma non corrisponde al colore percepibile dall'occhio umano essendoci, per tutte le stelle di tipo M, K, G ed F un "range" nella gamma del visibile che contiene anche le lunghezze d'onda "cromatiche" del Sole.

Il "colore" di una stella non è il suo colore superficiale visibile ma un rapporto fra temperatura effettiva e luminosità.

Questo rapporto, chiamato indice di colore, è a sua volta la differenza tra le magnitudini in due filtri distinti di "colore": uno è il colore intrinseco della stella (la differenza tra le magnitudini assolute della stella in bande diverse), l'altro si identifica come colore apparente (il risultato della differenza tra le magnitudini apparenti della stella in due bande diverse).

La classificazione dovrebbe estrapolare (escludere) la parte di disturbo introdotta dal colore apparente (prodotto da molte cause fisiche quali polveri e gas interstellari, lenti gravitazionali e allontanamenti della stella rispetto all'osservatore, tutti elementi che spostano verso il rosso la gamma di frequenze emesse dalla sorgente stellare). Estrapolati i fattori di disturbo resta il colore intrinseco sul quale si gioca la classificazione della stella... ma attenzione.

Composizione Atmosferica

Gli elementi più presenti nell'Universo, e quindi anche probabilmente nella nube da cui si sono formati i pianeti, sono, in ordine: idrogeno, elio, ossigeno, carbonio, azoto.

Il carbonio si unisce facilmente a idrogeno e ossigeno, l'elio non si unisce a niente e si disperde nello spazio, così come farebbe l'idrogeno se non fosse legato ad altri elementi.

E difatti elio e idrogeno "liberi" nell'atmosfera terrestre non ce ne sono quasi, e quel poco resta solo se non fa in tempo a fuggire nello spazio.

Poi come possano combinarsi tra loro dipende anche molto dalle condizioni ambientali.

Zona abitabile, o zona abitabile circumstellare, o CHZ, regione intorno a una stella ove è teoricamente possibile per un pianeta di tipo roccioso mantenere acqua liquida sulla sua superficie.

Uno studio di Geoffrey Marcy dell'Università della California ha analizzato i dati collezionati da Kepler per stimare e catalogare massa e densità e struttura interna degli esopianeti scoperti. Lo studio ha mostrato come i pianeti con dimensione inferiore a 1,5 raggi terrestri abbiano una densità maggiore degli altri, a testimonianza di un nucleo roccioso che con l'aumentare delle dimensioni lascia più spazio a idrogeno ed elio (vedi giganti gassosi).

La presenza di gas come ossigeno, idrogeno, anidride carbonica, azoto, monossido di carbonio, ma anche metano (vedi Titano) e ammoniaca in forma liquida, come ipotizzano alcuni astrobiologi,

mentre non ho riscontrato in alcuno studio la necessità di alte concentrazioni di gas rari.

La presenza della stella che fornisce energia necessaria per il processo redox e di fotosintesi, non troppo vicina al pianeta, come stabilito dallo studio recente di Ravi Kumar Kopparapu, affinché l'acqua o il liquido presente (es. metano) non evapori o solidifichi in ghiaccio.

La presenza degli oceani sui pianeti (specie per quelli simili alla Terra) è fondamentale per la stabilità del clima e affinché si presentino condizioni adatte alla vita; la conferma a questa teoria viene da scienziati dell'Università dell'East Anglia, i quali hanno realizzato l'importante scoperta. Il clima di un pianeta dipende in modo cruciale da come la circolazione atmosferica e degli oceani trasporta il calore dalle regioni calde a quelle più fredde e il tutto dipende dal periodo di rotazione. Gliese 832C ha ottenuto un punteggio di 0,81, paragonabile ad altri esopianeti già analizzati in passato come Gliese 667C (ESI = 0,84) e Kepler 62E (ESI = 0,83). Gliese 832C entra di diritto nella top 3 dei pianeti simili alla Terra ed è di gran lunga "il più simile alla Terra", possiede un buon campo magnetico e ruota intorno alla Nana Rossa Gliese 832.

Analogamente Kepler-186f uno degli ultimi scoperti, definito il cugino della Terra.

L'atmosfera Terra primordiale era ben diversa dall'attuale, per esempio non vi era traccia d'ossigeno che venne in seguito rilasciato dai cianobatteri.

Inoltre la composizione dell'atmosfera di un pianeta dipende molto dalla sua temperatura, per esempio sulla Terra è stato necessario che si scendesse sotto i 100 °C prima che si formassero gli oceani. Su Venere tutta l'acqua è allo stato di vapore.

Dal punto di vista della vita esistono forme che sopravvivono senza ossigeno (i cianobatteri appunto), o anche senza luce solare e pertanto senza fotosintesi clorofilliana.

Per esempio nelle sorgenti geotermiche sottomarine ci sono forme di vita che sopravvivono senza luce grazie alla fuoriuscita di gas: CO₂, CH₄ e H₂S. In questi ambienti vivono forme di vita superiore, come mitili e vermi, le cui fonti di composti organici derivano dai batteri zolfo-ossidanti che riducono CO₂ e H₂S.

Comunque senza la vita vegetale che mantiene basso il livello di anidride carbonica si innescherebbe ben presto un gigantesco effetto serra a catena e ci ritroveremmo in un pianeta "infernale" come Venere.

Insomma, se i tuoi astronauti non vogliono abbrustolire e vogliono respirare, è fondamentale l'esistenza di forme di vita che producono ossigeno sottraendo CO₂.

Un'atmosfera rarefatta a 500 millibar si può trovare anche sul pianeta Terra... a 5.500 metri di quota: non si respira granché bene ma ci si può abituare.

A 2.000 millibar ci si trova con le bombole a 10 metri sott'acqua: non sarà l'ideale, ma si sopravvive anche lì.

Per il clima invece la cosa si complica; intanto occorre simulare una massa rispettivamente doppia e metà dell'atmosfera attuale; a prima vista direi che raddoppia (dimezza) lo strato di gas e quindi anche l'effetto serra con effetto generale di riscaldamento (raffreddamento), credo di qualche decina di gradi a parità di concentrazione relative. Si dovrebbero fare un po' di conti ma il termine di paragone è che senza effetto serra la temperatura al suolo sarebbe quella di equilibrio di "corpo nero equivalente" di circa 50 °C inferiore all'attuale.

Nei pianeti con atmosfere più dense c'è una maggior inerzia termica: l'acqua bolle a temperature più alte, la nebbia si forma più facilmente, piove più spesso ma è anche più facile che le gocce evaporino prima di toccare terra.

Nei pianeti con atmosfere più rarefatte l'acqua bolle a temperature più basse e c'è una maggior evaporazione che rende il clima leggermente più arido in quanto l'acqua permane al suolo generalmente meno a lungo.

L'acqua allo stato liquido

Per l'acqua, ma anche per tutte le altre sostanze, non esiste un valore univoco di pressione e temperatura per una determinata fase, ma questi valori sono mappati in un diagramma detto appunto delle fasi (solida, liquida e gassosa).

Nel diagramma di fase dell'acqua, il punto triplo, nel quale le tre fasi coesistono, corrisponde al

valore di pressione di 4,58 mmHg (0,006 atm) e alla temperatura di 0,01 °C.

Oltre a quello triplo occorre considerare anche il punto critico, che per l'acqua vale 374 °C e 218 atm, oltre il quale non vi è più equilibrio tra il liquido e il vapore.

La gravità non è un indicatore affidabile per valutare la pressione atmosferica, infatti Venere che ha una gravità di 0,9 g ma una pressione atmosfera di ben 93 volte superiore.

Alle basse pressioni l'acqua richiede temperature minori per evaporare.

Alle alte pressioni l'acqua necessita di temperature maggiori per evaporare.

Alle alte pressioni il suono si trasmette più rapidamente.

Alle alte pressioni i laser perdono coerenza più facilmente essendo schermati dall'aria.

Alle basse pressioni la viscosità della miscela atmosferica sfavorisce il permanere della nebbia.

Alle alte pressioni è più facile che si formi nebbia.

Alle basse pressioni l'escursione termica è maggiore.

Alle alte pressioni l'escursione termica è minore.

A parità di temperatura e volume atmosferico le alte pressioni tendono a favorire le piogge.

In altre condizioni a sfavorirle, perché l'acqua tenderebbe a evaporare prima di raggiungere il suolo.

Per avere acqua allo stato liquido, ma anche per tutte le altre sostanze, non esiste un valore univoco di pressione e temperatura per una determinata fase, ma questi valori sono mappati in un diagramma detto appunto delle fasi (solida, liquida e gassosa).

Nel diagramma di fase dell'acqua, il punto triplo, nel quale le tre fasi coesistono, corrisponde al valore di pressione di sei millibar e alla temperatura di 0,01 °C. Oltre a quello triplo occorre considerare anche il punto critico, che per l'acqua è 374 °C e 218 atm, oltre il quale non vi è più equilibrio tra il liquido e il vapore.

La gravità non è un indicatore affidabile per valutare la pressione atmosferica. Si pensi a Venere, che ha una gravità di 0,9 G, ma una pressione atmosferica di ben 93 volte superiore rispetto alla Terra. E si pensi a Marte, che per una fase della sua esistenza ha ospitato un oceano d'acqua allo stato liquido, ma un pianeta nella biozona per mantenere acqua allo stato liquido per miliardi di anni deve avere non meno di 0,76 G, come regola di massima.

Ossigeno

Nelle atmosfere con ossigeno inferiore al 10% non possono scatenarsi incendi.

Nelle atmosfere ad alto tenore d'ossigeno gli incendi sono più comuni, l'atmosfera è velenosa perché acida, i manufatti (e in specie quelli metallici) tendono a corrodersi.

Effetto Serra

Parliamo di pianeti nella biozona con atmosfere più dense di quelle terrestri (1.000 millibar).

Se il pianeta è vicino al limite interno della biozona, l'effetto serra riscalda, cioè l'atmosfera densa imprigiona il calore solare e lo ridistribuisce sulla superficie del pianeta.

Esempio: Venere.

Se il pianeta è vicino al limite esterno della biozona, l'effetto serra raffredda, cioè l'atmosfera respinge i raggi solari e la superficie del pianeta è più fredda.

Esempio: Titano, che ha una temperatura media più fredda delle altre lune di Saturno non dotate di atmosfera.

Effetti dell'inclinazione assiale

Rispetto alla Terra, che ha un'inclinazione assiale di ventidue gradi, più l'inclinazione assiale è accentuata, più i cambiamenti stagionali sono estremi; meno l'inclinazione assiale è accentuata, più i cambiamenti stagionali sono tenui.

A zero gradi l'asse di rotazione è perpendicolare all'asse dell'eclittica e gli effetti stagionali sono quasi nulli, ma le stagioni potrebbero essere influenzate da eccentricità orbitale o dalla presenza di altri oggetti nel sistema: nane brune, compagne della stella eccetera.

In un pianeta privo di ciclo stagionale l'acqua continua ad ammassarsi alle alte quote e non disgela mai: ci sono meno fiumi, il clima diventa più arido, alle alte latitudini diventa molto più freddo. Le

uniche fasce abitabili sarebbero quelle vicine alle coste di mari od oceani grazie alle precipitazioni.

Orbita inclinata: nel corso dell'anno lo zenit cambia e il Sole sembra fare su e giù nella volta celeste.

Orbita eccentrica: il Sole sembra diventare più grande e caldo quando il pianeta è più vicino e più piccolo e freddo quando il pianeta è più lontano.

Effetti del periodo di rivoluzione

L'anno e il ciclo stagionale sono tanto più lunghi quanto più è lungo il periodo di rivoluzione.

Effetti del periodo di rotazione

Il giorno è tanto più breve quanto più è breve il periodo di rotazione, inoltre più è breve il periodo di rotazione più le raffiche di vento sono forti, più a lungo durano cicloni e uragani.

Rotazione Retrograda: il Sole sorge a Ovest e tramonta a Est.

Rivoluzione Retrograda: il Sole sorge a Est e tramonta a Ovest.

Rotazione e rivoluzione retrograde: il Sole sorge a Ovest e tramonta a Est.

Rotazione: i pianeti conservano i moti di rotazione e rivoluzione che aveva la nebulosa da cui si sono formati quando si è messa in movimento. Nel caso del Sole il moto era antiorario. Quindi, i pianeti e relativi satelliti ruotano attorno al Sole e sul loro asse in senso antiorario. Il moto di rivoluzione retrogrado di un satellite è indizio sicuro di cattura. Un pianeta con rivoluzione retrograda probabilmente è un corpo catturato.

Una stella nasce da un ammasso di polveri. Le polveri rimangono inerti finché un evento non riesce a metterle in movimento. Quando questo accade, la nebulosa comincia a ruotare, al centro del disco di polveri si crea un globulo che accrescendosi diventa più caldo e arrivato alla massa critica s'innescava una reazione termonucleare che trasformerà l'ammasso di polveri in una protostella. La fase di protostella continua finché la stella, continuando ad accumulare massa dal disco di polveri da cui è circondata, non raggiunge una massa sufficiente a consentirle di sopraffare la gravità e diventare così una stella completa.

Nota: a volte si formano più oggetti che creeranno altrettante stelle.

Satelliti naturali

Il limite teorico per mantenere un satellite è che questo deve trovarsi entro la Sfera di Hill, proporzionale al raggio orbitale del pianeta e alla radice cubica della sua massa in rapporto al Sole. Perché ci siano orbite stabili pare che i satelliti debbano essere entro la metà o un terzo del Raggio di Hill.

Venere e Mercurio potrebbero avere delle piccole lune, ma queste dovrebbero orbitare vicino ai pianeti che a loro volta dovrebbero supplire alla loro piccola massa (rispetto al Sole) con una maggiore vicinanza dell'orbita del loro eventuale satellite: in questo modo la vicinanza stretta al pianeta vincerebbe la forza di gravità sulla maggiore massa del Sole. La velocità di rotazione e traslazione non modifica affatto il valore della gravità del pianeta e quindi non porta nessun fattore nel tenere più facilmente un satellite.

Mondi Satellitari

Una grossa luna rivolge sempre lo stesso emisfero al pianeta di cui è satellite.

Entrambi gli emisferi della Luna sono illuminati dal sole per un periodo pari alla metà del periodo orbitale.

Il pianeta attorno a cui la luna orbita è visibile soltanto dall'emisfero della luna rivolto al pianeta che appare immobile nel cielo. Le fasi del pianeta si osservano da tutti i punti dai quali il pianeta è visibile. Benché il pianeta appaia immobile nel cielo anche dal centro dell'emisfero "luminoso", si

possono osservare le fasi mentre dai bordi di questo emisfero. È poco probabile che dalla superficie della sua luna il pianeta si veda immobile a causa della librazione.

Nell'emisfero rivolto verso il pianeta, ogni mezzogiorno, c'è un'eclissi perché il pianeta viene a trovarsi tra il Sole e la Luna, perciò le ore prossime al mezzogiorno sono le più buie, al contrario le ore prossime alla mezzanotte sono le più luminose, perché il gigante gassoso (o il mini Nettuno o la Super Terra o la nana bruna) avendo un forte albedo ed essendo enorme può essere luminoso fino a 40 volte la Luna terrestre.

Nell'emisfero "oscuro" della luna (oscuro perché sconosciuto, non perché non illuminato dal sole) il ciclo d'illuminazione è simile a quello terrestre senza le succitate anomalie.

La vita su un satellite naturale richiederebbe più della semplice acqua liquida. Eventuali lune abitabili dovrebbero avere una massa di almeno 0.12 masse terrestri, possedere un'orbita stabile, mantenere una buona atmosfera e un campo magnetico che protegga la loro atmosfera dal costante bombardamento di ioni energetici derivanti dalla magnetosfera del pianeta. I modelli più accreditati sembrerebbero indicare che sia rara (ma non impossibile) la formazione di questo tipo di oggetti. Tuttavia è sempre possibile che un oggetto di questa grandezza si formi altrove, sia catturato e si stabilizzi su un'orbita regolare attorno al suo pianeta. I satelliti in orbita attorno a pianeti di altri sistemi stellari potrebbero essere tra gli ambienti più abitabili della nostra galassia.

Per lungo tempo molti astronomi (e anche scrittori di fantascienza) hanno ipotizzato che i sistemi planetari extrasolari dovessero essere simili al nostro, con un gran numero di satelliti coperti di ghiaccio in orbita attorno a pianeti giganti freddi: una situazione simile a quella che conosciamo per Giove e Saturno. Ma negli anni novanta le prime scoperte di esopianeti hanno mostrato che ci sono altre possibilità: gli astronomi hanno cominciato a rilevare giganti gassosi che, dopo essersi formati nelle oscure regioni esterne, sono in qualche modo migrati in zone più vicine e più calde attorno alle stelle. Alcuni orbitavano addirittura nella zona abitabile della propria stella. Questa posizione ha sollevato una domanda ovvia: alcuni satelliti naturali di questi giganti "tiepidi" possono avere una composizione rocciosa, un'atmosfera protettiva e oceani, come la Terra?

Darren Williams, Jim Kasting e Richard Wade, ricercatori della Pennsylvania State University, sono stati i primi a studiare in dettaglio la possibilità che un esosatellite abbia un ambiente simile a quello terrestre. In uno studio pubblicato nel 1997 su "Nature" i tre si erano chiesti quanto dovesse essere grande un satellite nella zona abitabile per avere stabilmente un'atmosfera densa a sufficienza e acqua allo stato liquido in superficie. «Avevamo trovato che un satellite più piccolo di Marte, che ha una massa pari a un decimo di quella terrestre e non è in grado di trattenere un'atmosfera per più di alcuni milioni di anni», spiega Williams. Sotto questa soglia, l'attrazione gravitazionale del satellite non sarebbe sufficiente a conservare un'atmosfera di densità adeguata; anzi, l'atmosfera di un satellite troppo piccolo verrebbe dispersa dalla radiazione proveniente dalla stella vicina.

Il problema è che la formazione di un satellite grande quanto un pianeta di tipo terrestre non sembra un processo frequente. Gli astronomi ritengono che la maggior parte dei satelliti si formi allo stesso modo dei pianeti, cioè per aggregazione graduale a partire da un disco in rotazione di gas, ghiaccio e polvere. La maggior parte delle simulazioni di questo processo di assemblaggio produce al massimo un corpo di massa paragonabile a quella di Ganimede, che orbita attorno a Giove ed è il satellite più grande del sistema solare. Secondo lo studio del 1997, un satellite dovrebbe accumulare una massa quattro o cinque volte superiore a quella di Ganimede per trattenere un'atmosfera in modo duraturo.

Per fortuna la natura ha sviluppato altri metodi per produrre satelliti massicci. La Luna, per esempio, è troppo grande per essersi formata tranquillamente di fianco al nostro pianeta da un disco condiviso di gas e polvere. Molti astronomi sono convinti che il sistema Terra-Luna sia nato da una catastrofica collisione avvenuta ai primordi del sistema solare. Si ipotizza che anche Plutone e il suo satellite più grande, Caronte, siano una coppia prodotta da una collisione, sia pure a scala molto più piccola. Queste coppie potrebbero spiegare l'esistenza di altri tipi di satelliti. Nelle cosiddette "reazioni di scambio binario", un pianeta gigante che incontra una coppia di altri pianeti ne cattura uno come satellite, mentre il compagno viene espulso nello spazio. Questo tipo di scambio è

avvenuto almeno una volta nella storia del sistema solare: il satellite maggiore di Nettuno, Tritone, ha un'orbita bizzarra che procede in senso retrogrado rispetto alla rotazione del pianeta gigante. Gli astronomi ritengono che Tritone sia stato catturato molto tempo fa da Nettuno, che lo sottrasse a un altro compagno.

Satelliti così grandi potrebbero ospitare acqua allo stato liquido, e quindi vita, anche se orbitassero attorno a un pianeta che non si trova nella zona abitabile del sistema stellare. Un riscaldamento supplementare potrebbe arrivare dalla luce riflessa e dal calore emesso dal pianeta, e dalla sua attrazione gravitazionale. Come la Luna genera maree negli oceani terrestri, la gravità di un gigante gassoso potrebbe generare energia mareale in un satellite vicino, deformandone l'interno e riscaldandolo per attrito. È lo stesso effetto con cui si riscalda una graffetta di metallo piegandola più volte con le mani. In effetti, secondo uno studio recente di René Heller della McMaster University e Rory Barnes della Washington State University, se l'orbita fosse troppo vicina al gigante gassoso il riscaldamento mareale potrebbe essere così intenso da provocare l'ebollizione dell'atmosfera o la fusione del satellite. Un'orbita un po' più ampia consentirebbe al satellite di godere di un ambiente temperato anche se il pianeta fosse lontano dal calore della stella.

Le forze mareali potrebbero anche cambiare l'orbita di un satellite in modo che mostri sempre lo stesso emisfero al suo pianeta, come accade per la Luna. Immaginare i cieli notturni di questi mondi in rotazione sincrona, spiega Heller, porta a uno scenario assai bizzarro. «Per esempio, immaginiamo di trovarci sull'emisfero rivolto al pianeta di un satellite in rotazione sincrona. Il pianeta apparirebbe enorme e immobile nel cielo. Al “mezzogiorno” del satellite, che corrisponde al punto della sua orbita in cui l'altezza della stella nel cielo è massima, quest'ultima passerebbe dietro al pianeta e non vi sarebbe luce riflessa proveniente dal pianeta stesso. Vedremmo solo un disco nero esattamente sopra di noi e il cielo stellato tutt'intorno. A “mezzanotte”, quando l'orbita della luna porterebbe la stella sotto i nostri piedi, la faccia illuminata del pianeta si trasformerebbe gradualmente prima in una falce luminosa e poi in un disco che riflette luce in abbondanza sul satellite. Quindi a mezzanotte il cielo sarebbe molto più luminoso che a mezzogiorno.

Davide Alberici

alberici.davide@gmail.com