

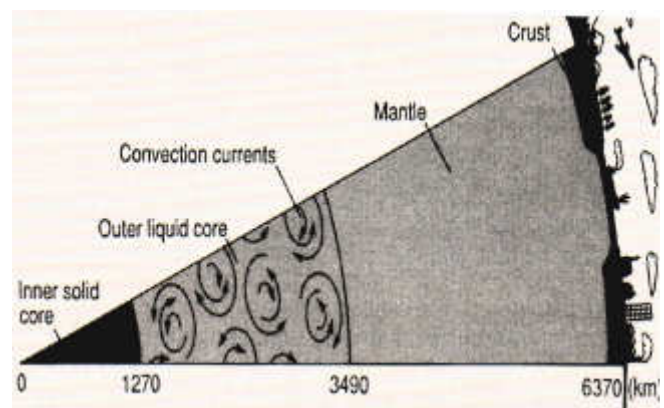
La Terra come luogo privilegiato (03/06/10)

Dopo aver parlato di Luna e Giove, in quanto oggetti peculiari per assicurare un certo tipo di condizioni sulla superficie terrestre, tocca al Sole. E ricordiamo anzitutto che la vita di una stella in Sequenza Principale è inversamente proporzionale alla terza potenza della sua massa. Dunque, una stella due volte più massiccia del Sole avrà una vita 8 volte più breve, di neanche 2 miliardi di anni. Poiché dobbiamo basarci solo sull'esperienza della vita terrestre, consideriamo che la ricerca della vita extraterrestre è essenzialmente la ricerca di ossigeno (o ozono) nell'atmosfera del pianeta. Allora, bisogna pure ricordare che i batteri comparsi per primi sulla Terra hanno impiegato circa 2 miliardi di anni prima di generare quel 3 – 4 % di ossigeno nell'atmosfera terrestre che ha consentito lo sviluppo delle prime cellule eucariote. Se questi tempi scala sono tipici, possiamo escludere tutte le stelle di massa maggiore a $1,5 M_{\odot}$, mentre la ricerca di vita complessa, il cui sviluppo ha richiesto diversi miliardi di anni, ci porta a escludere anche le stelle con massa superiore a circa $1,2 M_{\odot}$. Restano le stelle come il Sole o più piccole.

Da questo momento in poi, il discorso diventa più dubitativo. Infatti, mentre gli effetti della Luna, di Giove, e di una eventuale massa della stella superiore a quella solare sono sostanzialmente certi dal punto di vista scientifico, qui entriamo in una serie di argomentazioni meno quantificabili. Per esempio: via via che diminuisce la massa di una stella, la sua fascia di abitabilità si sposta sempre più vicina alla stella. Fin qui niente male, ma le stelle più piccole sono anche quelle che hanno un'attività più intensa, e per tempi lunghissimi. Poiché, come vedremo, l'attività solare rappresenterebbe un grosso deterrente contro la vita sulla Terra se non si verificassero certe condizioni, ci si può chiedere se questo insieme di considerazioni non finisca per rendere sempre meno probabile lo sviluppo di una vita complessa attorno a stelle la cui massa sia inferiore a circa $0,7 - 0,8 M_{\odot}$. Teniamo a mente questo vincolo, perché dovremo tornarci.

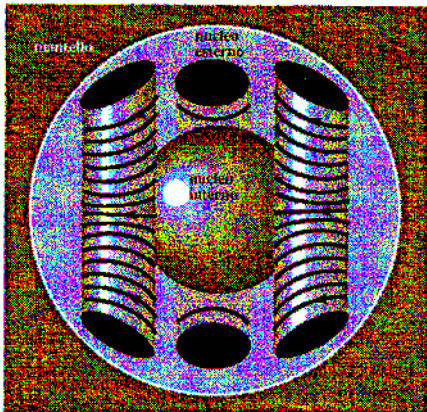
L'attività solare, dunque. A parte le sporadiche tempeste, che diventano sempre più frequenti su stelle più piccole, già il vento solare sarebbe una forte controindicazione per l'esistenza di un'atmosfera sulla Terra, se quest'ultima non possedesse un campo magnetico piuttosto intenso, dell'ordine del Gauss (varia nello spazio e nel tempo, e s'inverte circa ogni mezzo milione di anni), che si estende nello spazio fino a circa 60.000 km di distanza, ovvero 10 volte il raggio terrestre. Questo campo magnetico intrappola e scherma le particelle del vento solare le quali, altrimenti, eroderebbero gli strati più alti dell'atmosfera, e in meno di un miliardo di anni lascerebbero senza atmosfera il nostro pianeta, come è successo a Marte. Già a questo punto, però, sarebbe legittimo chiedersi perché il pianeta Venere, che non ha campo magnetico ed è più vicino al Sole, possieda un'atmosfera 90 volte più densa di quella terrestre. Una risposta chiara a questa domanda ancora non esiste. Piuttosto, vale la pena di chiedersi da dove deriva il campo magnetico terrestre.

In quest'ordine d'idee, diamo per la prima volta un'occhiata alla struttura fisico-chimica interna al nostro pianeta. Troviamo, sotto la Crosta di pochi chilometri di spessore (qualche decina al massimo), il cosiddetto Mantello, sulla cui struttura diremo più avanti. Per ora andiamo più in profondità: c'interessa la parte centrale composta di Ferro e Nickel, distinta in due parti: il Nucleo esterno convettivo, e quello centrale, solido a causa dell'enorme pressione. Ci viene da pensare istintivamente che quest'ultimo si comporti come un magnete permanente, ma ciò



non è possibile a causa dell'altissima temperatura: circa 6000°K , più o meno come la superficie del Sole. L'ipotesi prevalente, suffragata da calcoli e, in parte, da osservazioni in laboratorio, e dal comportamento dello stesso campo magnetico terrestre, è che quest'ultimo si generi secondo un

meccanismo analogo a quello della dinamo, e cioè come amplificazione enorme di un campo magnetico iniziale debolissimo. In sostanza, la cosa funziona così: supponiamo che, all'inizio, non sia presente nessun campo magnetico, tranne quello indotto, per dirne uno, dal campo magnetico



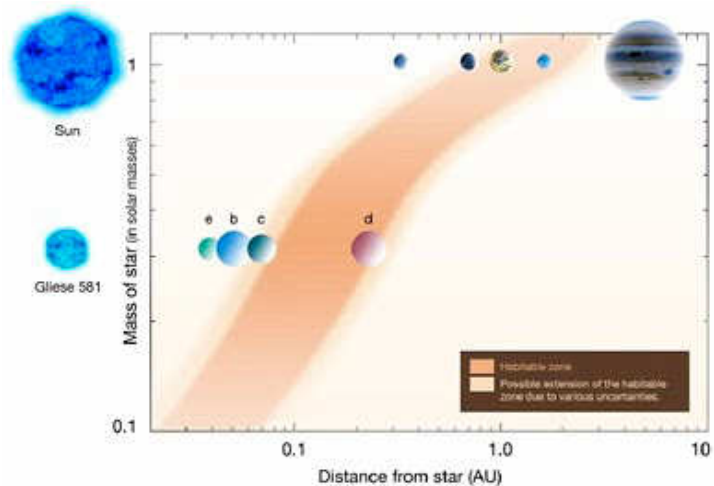
solare che si estende fino alla Terra e oltre. Se, nel Nucleo convettivo esterno, sono presenti vortici convettivi (e ogni calcolo mostra come questi debbano esserci per forza), la rotazione terrestre, a causa della forza di Coriolis agente sui vortici stessi, costringe questi ultimi ad allinearsi, nei limiti del possibile, parallelamente all'asse di rotazione. Ma, poiché la conducibilità elettrica in queste condizioni fisiche è altissima (circa cento volte quella del rame), il piccolo campo iniziale induce correnti elettriche in queste colonne di vortici, esse generano campi magnetici più intensi in un processo a cascata, e questo è proprio ciò che succede nelle dinamo, con l'amplificazione del campo magnetico fino ai valori osservati

alla superficie terrestre. Un modello del genere porterebbe però a un campo magnetico stabile, di "dipolo" come una calamita, del tutto allineato coll'asse di rotazione. Poiché le osservazioni mostrano che ciò non succede, si è pensato alla presenza di altre componenti del campo magnetico, ondulatorie, di tipo toroidale, che restano confinate nel Nucleo e non compaiono in superficie ma, al passare del tempo, possono modificare direzione e intensità del campo dipolare, causandone perfino una momentanea sparizione. In quest'ultimo caso, comunque, piccoli campi residui farebbero ripartire la dinamo immediatamente, magari invertendo la direzione del campo magnetico alla superficie. Ed è inutile forzare la spiegazione più oltre, poiché i calcoli sono così complessi, che i dettagli sfuggono ancor oggi a chi studia questo tipo di fenomeno.

Quel che conta, se almeno le basi del ragionamento sono corrette (e dovrebbero esserlo), è che, se in un pianeta vogliamo un campo magnetico di tipo terrestre, occorre la presenza contemporanea di due condizioni:

- Un nucleo di Fe – Ni allo stato fuso,
- Una rotazione abbastanza veloce del pianeta.

Nel caso di Venere, probabilmente manca la rotazione veloce, e questo ci porta a un nuovo problema con le stelle di massa più piccola di quella del Sole: la loro fascia di abitabilità tende ad avvicinarsi alla stella con il quadrato della massa. Ciò comporta che, per una stella avente $0,3 M_{\odot}$ (per esempio Gliese 581 che dovrebbe possedere pianeti come in figura), la fascia di abitabilità sia circa 10 volte più vicina alla stella. In queste condizioni, si calcola che la rotazione di un pianeta sia con ogni probabilità "risonante" col periodo di rivoluzione, e dunque la presenza di un forte campo magnetico sarebbe impossibile, come per Mercurio e Venere. Anche qui, ovviamente, i calcoli sono solo approssimati e dubitativi, ma mi è sembrato opportuno introdurre questo argomento all'inizio della trattazione di quelle che sono (o sembrano essere) le peculiarità della Terra per quanto riguarda la sua possibilità di ospitare una vita complessa, perché questo ci ha permesso di dare una prima occhiata alla stratificazione del suo interno.



La prossima volta (l'ultima prima della pausa estiva) prenderemo in esame i movimenti del Mantello, e alcune delle sue ripercussioni sulle caratteristiche della Crosta e dell'atmosfera terrestre.