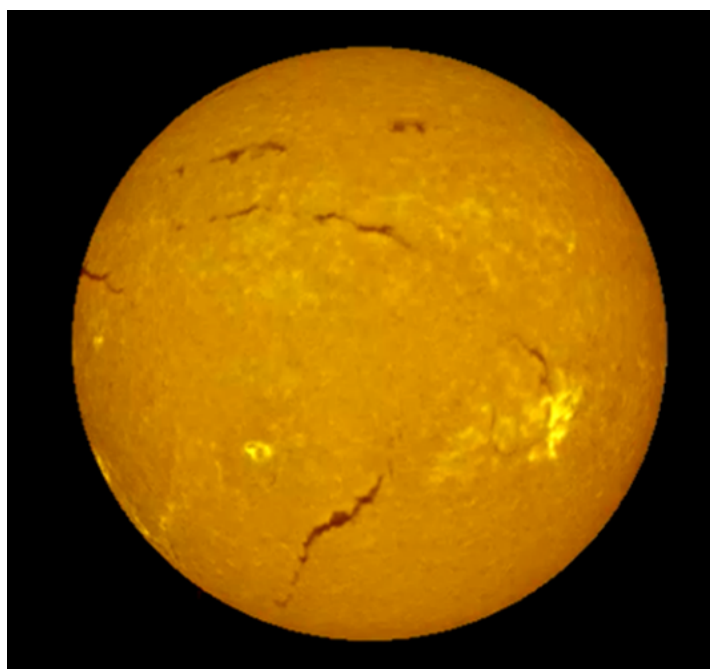


Approfondimento

Dopo aver visto che meraviglie ci sono ai confini dell'Universo, potrebbe sorgere un'obiezione: perché quella bellezza così lontana e remota dovrebbe interessarmi?

Per l'uomo che indaga, la realtà sembra invitare ad andare oltre; è come se ci attraesse per spalancare ancora di più la curiosità e quindi la domanda di nesso ultimo delle cose rispetto alla nostra vita.

Osservando il Sole



Per continuare in questo percorso di meraviglie, torniamo nel sistema solare dove, grazie ad un "fattore" decisivo, speciale, incontriamo una stella "gentile" chiamata Sole; è grazie alle sue caratteristiche che sulla Terra è stata possibile la formazione della Vita.

Il Sole si è formato dai resti delle generazioni stellari che lo hanno preceduto così come i pianeti che gli orbitano intorno. Ci interessa soffermarci ad osservarlo e non dare per scontato questo aspetto perché siamo per così dire "fatti degli stessi elementi" cioè noi siamo parte (prodotti) dall'evoluzione di questa materia.

Il Sole custodisce e alimenta tutti quei processi energetici e chimici che costituiscono il motore dell'evoluzione geologica e successivamente biologica che pazientemente, nel corso dei miliardi di anni, ha assunto la forma che conosciamo oggi di cui noi siamo l'esito.

(La dipendenza della nostra vita del Sole ed i suoi cicli è così forte e strutturale, che fin dalle primissime forme di civiltà, il Sole fu identificato come una divinità. Fu lo sviluppo del pensiero filosofico nell'antica Grecia e la diffusione delle religioni monoteiste e poi definitivamente il Cristianesimo che collocarono il Sole nel ruolo di oggetto del creato insieme agli astri.)

Considerazioni sull'immagine del Sole

Osserviamo l'immagine e notiamo un'insolita visione del Sole: è una osservazione con un filtro particolare che isola una frequenza della luce emessa dall'atomo di idrogeno, elemento chimico dominante sul Sole.

Cosa ci racconta questa immagine in tempo reale? L'osservazione del Sole nella luce idrogeno-alpha (H-alpha) **mostra la dinamicità evolutiva, minuto dopo minuto, su ciò che sta succedendo in questo momento sul Sole.** La lunghezza d'onda H-alpha (656,28 nanometri) corrisponde a una specifica "riga" spettrale rossa emessa dagli atomi di idrogeno rivelando lo strato dell'atmosfera solare chiamata "cromosfera".

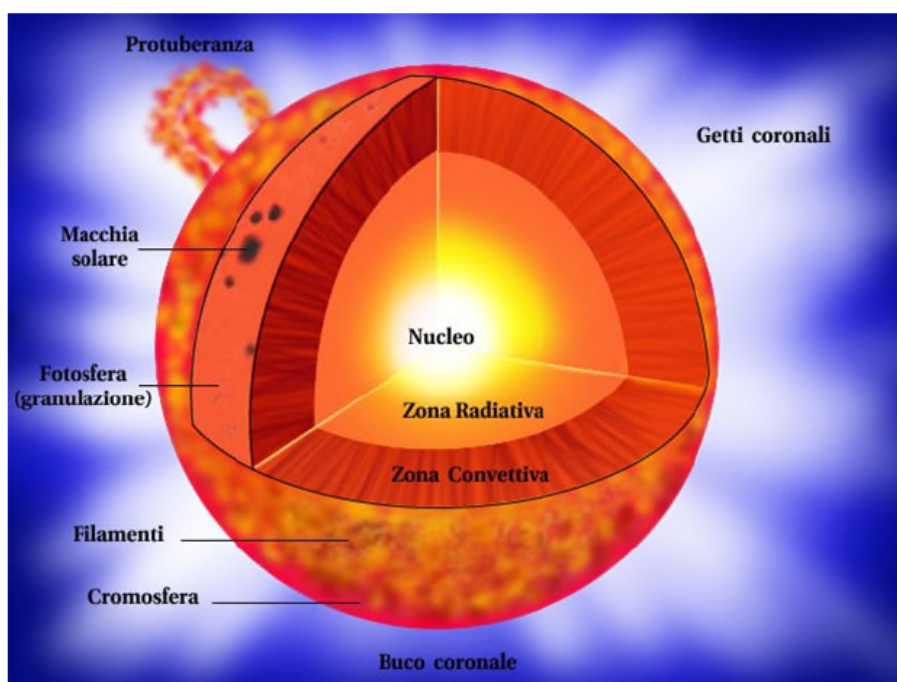
Vediamo poi (dalla temperatura superficiale di colore) che il Sole è una stella di tipo G (5600 Kelvin). Ha dimensioni medie rispetto a molte altre tipologie di stelle ed è situata nella sequenza principale dell'evoluzione stellare.

Questo significa almeno tre cose interessanti per noi: **non è eccessivamente calda, emette energia stabilmente, è molto longeva (10 Mld di anni).** Infatti, **la vita come la conosciamo, ha bisogno di tempi lunghi e di queste pre condizioni per svilupparsi.**

Il flusso di energia ricevuto dal Sole è approssimativamente 1000 Watt/metro quadro sulla Terra ma sostiene non solo la vita sulla Terra ma anche la maggior parte delle dinamiche nel sistema solare.

Il Sole è situato al centro del nostro sistema planetario e costituito da idrogeno per circa il 74% ed elio (circa il 24%), con tracce di elementi più pesanti. L'energia viene prodotta nel suo nucleo attraverso un processo di fusione nucleare, in cui i nuclei di idrogeno si combinano per formare elio convertendo lo 0.7% della massa coinvolta nella reazione (4 milioni di tonnellate al secondo) in energia. Tale enorme quantità di energia si irradia verso l'esterno sotto forma di luce e calore.

La struttura del Sole



Dal punto di vista strutturale, il Sole ha un diametro di 1,4 milioni di chilometri; ha il volume di 1,3 milioni di Terre ed è composto da strati di gas (allo stato di plasma cioè miscuglio di ioni positivi, elettroni liberi, atomi neutri, particelle eccitate). Essendo fluido, ruota con velocità equatoriale di 25 giorni mentre ai poli è più lento (35 giorni). In questa struttura a cipolla, la temperatura interna passa da 15

milioni di gradi al centro, e diminuisce via via che ci si allontana. Il nucleo interno è circondato dalla zona radiativa che poi, più esternamente, si trasforma in zona convettiva, dove il calore prosegue il suo viaggio verso l'esterno dopo oltre 150 mila anni. Al di sopra di questi strati interni si trova la vera e propria atmosfera solare (la parte di una stella da cui la radiazione elettromagnetica può propagarsi verso l'esterno, quindi la regione "trasparente" della stella. Invece gli strati "opachi" formano l'interno della stella) che comprende: la fotosfera, con una temperatura di circa 5600 Kelvin (la fotosfera fa parte dell'atmosfera solare perché da essa proviene la quasi totalità della luce osservabile), la cromosfera (un sottile strato di 2000-6000 Km di spessore), con una temperatura di circa 10.000 Kelvin e la corona che si vede solo nelle eclissi totali, si estende per milioni di chilometri ed è plasma rarefatto caldo fino a 2 milioni di gradi proveniente dal riscaldamento della cromosfera. (E' ancora non ben compreso il processo o i processi che lo riscalda a temperature così elevate. Si ritiene che questi processi siano legati ai campi magnetici perché la corona è più densa e calda nelle regioni in cui il campo magnetico è più intenso.) Lo spettro solare ha origine in diversi strati della fotosfera e della cromosfera. In generale, lo spettro continuo proviene dagli strati più profondi e più caldi, mentre le righe spettrali in assorbimento si formano negli strati più esterni della fotosfera e, per alcune righe, nella cromosfera.

La fotosfera mostra le caratteristiche macchie solari — regioni più fredde e profonde (ombra e penombra) causate da intensi campi magnetici. Questi ultimi hanno in generale una struttura con linee di campo chiuse che si estendono sopra i gruppi di macchie solari.

Nelle osservazioni in H-alpha, la cromosfera diventa chiaramente visibile, mostrando una grande varietà di strutture fini non osservabili in luce bianca. Una delle caratteristiche più spettacolari sono le protuberanze solari; trattasi di grandi strutture di plasma luminoso a forma di arco che si estendono dalla superficie del Sole; possono essere di due tipi: protuberanze quiescenti e protuberanze attive. Le prime evolvono lentamente e possono rimanere quasi inalterate per tempi dell'ordine di settimane, fino a diversi mesi; le seconde sono strutture che

evolvono nel giro di qualche decina di minuti o al massimo qualche ora. I getti di plasma sono associati alle protuberanze attive, mentre sono assenti in quelle quiescenti. Quando viste contro il disco solare, queste strutture sono chiamate filamenti e appaiono come linee scure (poiché formata da plasma più freddo) e sottili. Queste aree sono associate ad una forte attività magnetica e spesso producono eruzioni solari.

(Nota: l'H-alpha è prodotta dall'idrogeno neutro quando il suo unico elettrone effettua una transizione tra i livelli energetici con numero quantico principale $n=2$ ed $n=3$. L'idrogeno ionizzato, ovvero il protone, non ha più elettroni che possano emettere uno spettro di righe.)

Un'altra caratteristica importante visibile in H-alpha è la presenza delle facole cromosferiche, ovvero le regioni più brillanti e calde (di plasma fotosferico profondo dovuta a rarefazione della fotosfera più superficiale che secondo il modello di Spruit, le facole sono formate da fasci di tubi di flusso magnetico attraverso i quali possiamo vedere strati della fotosfera più profondi e quindi più caldi e brillanti. Questo accade perché, all'interno di tali tubi di flusso magnetico, il plasma è più rarefatto e quindi parzialmente trasparente) e circondano le macchie solari le regioni magneticamente attive. Queste aree sono associate a una forte attività magnetica e spesso precedono le eruzioni solari. La superficie solare, osservata in H-alpha, mostra anche una struttura irregolare nota come rete cromosferica (che ricorda una buccia d'arancia), oltre alle spicole: strutture simili a getti, di breve durata, che si innalzano e ricadono nella cromosfera nel giro di pochi minuti.

Le osservazioni in H-alpha sono particolarmente preziose per lo studio dell'attività solare. Esse permettono di monitorare i brillamenti solari — improvvisi rilasci di energia — e l'evoluzione delle regioni attive nel tempo. Questi fenomeni sono importanti perché sono collegati al meteo spaziale, che può influenzare i satelliti, i sistemi di comunicazione e perfino le reti elettriche sulla Terra.

In sintesi, mentre il Sole osservato in luce bianca appare relativamente uniforme con occasionali macchie solari, la visione nella riga H-alfa dell'idrogeno rivela

un'atmosfera altamente dinamica e strutturata, dominata dall'attività magnetica. Questa prospettiva fornisce informazioni fondamentali sul comportamento del plasma solare e sui meccanismi che guidano la variabilità del Sole, influenzando l'evoluzione della vita sulla Terra.

Ci sono tuttavia grandi misteri scientifici sul Sole ancora non ben compresi quali l'origine del campo magnetico solare e la temperatura dell'atmosfera esterna (corona) molto più calda della superficie (cromosfera); inoltre vi sono studi su altri fenomeni di increspatura circolare osservati sulla cromosfera detti sun quakes di natura ondulatoria.