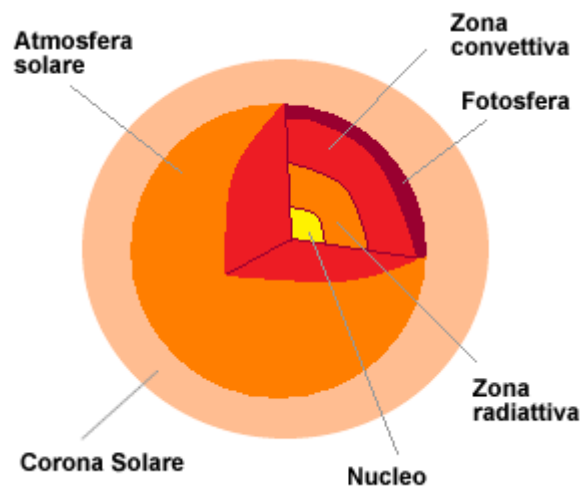


La struttura interna del Sole

Il Sole è una sfera di gas concentrato ad elevate temperature. La superficie visibile è soltanto lo strato più esterno della stella, che comunemente viene chiamata "atmosfera solare". Non si conosce con esattezza la parte interna della nostra stella. La scienza ipotizza la presenza di un nucleo centrale, situato ad elevate temperature, in cui ha luogo la reazione a fusione termonucleare che genera l'energia della stella. Tra il nucleo e la superficie esterna sono presenti una serie di fasce intermedie, ciascuna con le sue caratteristiche e peculiarità, che possiamo riassumere nelle seguenti:

- zona di radiazione
- zona di convezione
- fotosfera
- atmosfera solare (cromosfera, corona solare)

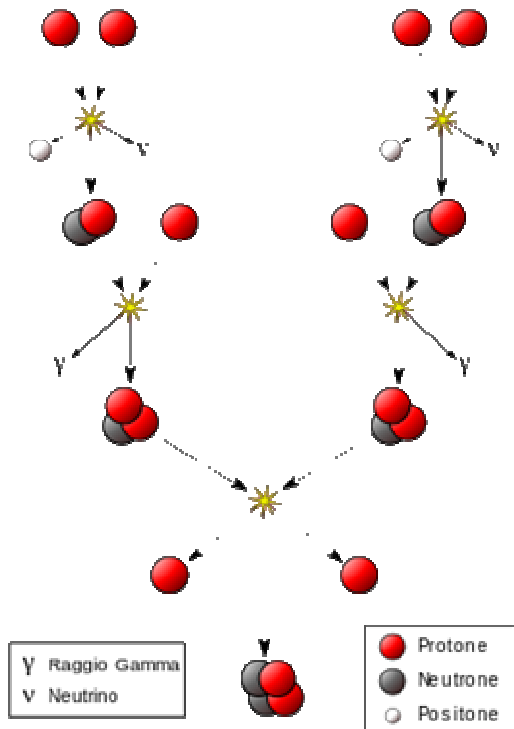
La zona di radiazione (o zona radiattiva) è la parte interna del Sole che avvolge il nucleo centrale. In questa zona l'energia è composta prevalentemente da raggi gamma. La zona di convezione (o zona convettiva) è, invece, la fascia intermedia all'interno del Sole. La zona di convezione rappresenta circa 1/3 del raggio solare. La fotosfera è lo strato più esterno del sole, a cui segue lo strato dell'atmosfera solare, composta a sua volta dallo strato della cromosfera e dalla corona solare.



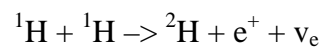
La radiazione solare ha origine nella fotosfera. Si tratta dello stato più basso dell'atmosfera solare. La **fotosfera** è spessa soltanto poche centinaia di chilometri e raggiunge una temperatura di circa 4000-9000 °C. In questa zona del sole ha luogo il fenomeno delle macchie solari. Al di sopra della fotosfera troviamo la cromosfera, composta prevalentemente da gas rarefatto. La cromosfera è spessa circa 2.000 km in media. Dalla cromosfera si originano delle sporgenze allungate che possono raggiungere anche uno spessore di 9.000 km. Nella cromosfera la temperatura sale a 15.000 °C. La corona solare è l'ultimo strato della struttura solare. I gas rarefatti della corona solare raggiungono temperature superiori al milione di gradi. La corona solare è lo strato visibile del Sole.

L'energia solare sprigionata dalla nostra stella è enorme. La quantità di energia che investe il nostro pianeta è individuata dalla **costante solare** ed è pari al valore di 1,374 kW/m² al minuto. Il valore della costante solare è calcolato in una situazione di irraggiamento solare perpendicolare. Complessivamente, la quantità di energia che il Sole irradia ogni anno entro l'atmosfera terrestre è stimata a 5,47x10²³ joule. Di questa, soltanto il 70 % riesce a raggiungere la superficie terrestre.

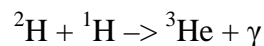
La **catena protone-protone** avviene in tre fasi:



- Due nuclei di protoni si fondono tra loro e danno luogo a un nucleo di deuterio (isotopo dell'idrogeno), un positrone e un neutrino, (una particella avente una massa infinitesima e priva di carica che interagisce pochissimo con l'ambiente circostante). Nel nucleo del Sole sono prodotti miliardi e miliardi di neutrini che vengono dispersi nello spazio, raggiungono sulla Terra e ci attraversano indisturbati senza interagire con il nostro corpo. Questo primo processo è lento perché la forza repulsiva oppone resistenza alla barriera di penetrazione.

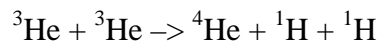


- Il nucleo di deuterio si fonde con un protone e da luogo a un nucleo di ${}^3\text{He}$ ed energia sotto forma di radiazione gamma, secondo la reazione:



I raggi γ poi interagiscono con le altre particelle e perdono energia diventando raggi X.

- Due nuclei di ${}^3\text{He}$ si fondono e danno luogo a ${}^4\text{He}$ e due protoni.



Il risultato netto della catena è la produzione di elio insieme ad energia sotto forma di radiazione, cioè fotoni che partono dal nucleo e viaggiano verso la parte più esterna del Sole.

Macchie solari

Cosa sono le macchie solari

Le **macchie solari** sono regioni della superficie solare con temperature inferiori rispetto alle zone circostanti. Sono inoltre caratterizzate da una forte attività magnetica. Queste caratteristiche rendono queste zone della fotosfera più scure ed appaiono ad un osservatore esterno come una macchia sul Sole (da cui il nome macchia solare). In realtà, le macchie solare non sono scure. Al contrario, sono molto luminose e possiedono temperature elevate (5000 kelvin). Ciò che le rende visibili come una macchia scura è il contrasto con le regioni circostanti ancora più luminose (6000 kelvin).

Ad annunciare la scoperta delle macchie solari fu Galileo Galilei nel 1612. Soltanto a partire dal XVIII secolo il fenomeno inizia ad essere studiato scientificamente ed è possibile datare una sua misurazione sistematica. Gli studi scientifici hanno dimostrato una forte correlazione tra le macchie solari e l'intensità della radiazione solare. La presenza delle macchie solari è un indice dell'attività

solare e della radiazione solare trasmessa nello spazio dal Sole. In base a quest'ultima osservazione una teoria scientifica lega la presenza delle macchie solari al fenomeno dell'effetto serra terrestre. Le macchie solari compaiono in gruppi numerosi nei pressi dell'equatore solare e tendono ad avvicinarsi ulteriormente. Col passare del tempo sbiadiscono e scompaiono del tutto. L'attività delle macchie solari si presenta periodicamente seguendo un ciclo di circa 11 anni (ciclo di attività solare). Ogni ciclo è identificato da un picco massimo di presenza delle macchie solari e da un picco minimo. Inizialmente le macchie appaiono nelle latitudini più elevate per poi spostarsi verso la fascia equatoriale del Sole nella fase di massima attività del ciclo solare.

Le macchie stellari. Il fenomeno delle macchie solari è stato rilevato anche sulle stelle diverse dal Sole. Si parla in questi casi di macchie stellari.

Struttura delle macchie solari

La **macchia solare visibile sulla superficie solare è soltanto la sezione superiore di una fascia più profonda** che nasce dalle regioni più profonde del Sole (nella zona convettiva). La parte sottostante alla macchia solare si presenta come un tubo in cui la forza magnetica ostacola la funzione convettiva del sole riducendo la temperatura della zona. Quando l'intensità magnetica dei tubi è molto forte, questi riescono a forare la superficie della fotosfera, diventando visibili all'occhio di un osservatore esterno (ad esempio dalla Terra). La macchia solare sulla fotosfera si presenta con una **zona centrale più in ombra** (meno calda) circondata da una zona intermedia in penombra. Secondo osservazioni recenti condotte dalla sonda SOHO le macchie solari sono un vortice di campi magnetici composti da correnti di materiale dirette verso l'interno del Sole. In un certo senso, le macchie solari sarebbero un fenomeno simile agli uragani sulla Terra.

Vento solare

Il **vento solare** è un flusso di particelle e radiazioni elettromagnetiche generato dall'espansione della corona solare. Il vento solare viaggia nello spazio causando perturbazioni magnetiche in tutto il sistema solare. Il flusso di particelle irradiato dal Sole (vento solare) e dalle stelle (vento stellare) è composto da particelle atomiche cariche, al 95% formate da protoni ed elettroni, che sfuggono alla corona solare della stella e si irradiano nello spazio in tutte le direzioni. Per il 5% restante il vento solare è composto da particelle alfa. Quando arriva sulla Terra il vento solare viaggia a una velocità media di 400 km al secondo. Tale velocità aumenta durante le **tempeste solari**. Sulla Terra il vento solare genera delle tempeste geomagnetiche che interferiscono con il campo magnetico terrestre e talvolta possono causare dei danni alle apparecchiature elettromagnetiche, in particolar modo ai satelliti artificiali in orbita intorno alla Terra. Il passaggio del vento solare lascia nell'**atmosfera terrestre** anche degli effetti ottici ben visibili nelle aree polari con le **aurora polari**, l'aurora boreale e l'aurora australe, fra la mesosfera e la termosfera. Il vento solare deforma anche la magnetosfera dei pianeti del sistema solare formando su questi delle code cometarie in direzione opposta al Sole. Gli effetti del vento solare sono oggetto di studio della meteorologia spaziale. Le radiazioni elettromagnetiche veicolate dal vento solare possono causare danni alle apparecchiature elettroniche