Lo spettro del Sole

Il Sole, la stella del nostro sistema solare, è formato in prevalenza da idrogeno ed elio. Come hanno potuto gli scienziati determinare la composizione chimica della nostra stella? Certamente non è stata effettuata un'analisi chimica diretta su un campione di Sole. Le informazioni e le conoscenze che abbiamo sulle stelle sono state ottenute studiando le radiazioni che arrivano sulla Terra. Grazie allo sviluppo della spettroscopia è stato possibile risalire alla composizione chimica della materia extraterrestre.

La luce proveniente da una stella ci appare di un unico colore. In realtà le stelle emettono tutte le radiazioni, ma l'intensità della radiazione emessa è massima solo a una certa frequenza. Per esempio, il Sole emette prevalentemente in corrispondenza della luce gialla, a una lunghezza d'onda di circa 500 nm (figura 1). Lo spettro continuo è emesso da un corpo a causa della propria temperatura. La lunghezza d'onda del picco di emissione λ_{max} è inversamente proporzionale alla temperatura T in kelvin di un corpo. Questa legge, nota come *legge dello spostamento di Wien*, è espressa dalla relazione:

$$\lambda_{max} \cdot T = K$$

La costante K è stata determinata sperimentalmente e vale $2{,}9 \cdot 10^{-3}$ K·m, per cui la temperatura superficiale di una stella può essere ricavata dallo spettro di emissione. La temperatura superficiale del Sole risulta 5 800 K.

Nel 1802 il chimico e fisico britannico William Hyde Wollaston (1766-1828) fece passare attraverso una fenditura, e successivamente attraverso un prisma, un fascio di luce proveniente dal Sole. In questo modo scompose la luce solare ottenendone lo spettro. Wollaston osservò che, pur essendo continuo, lo spettro del Sole presentava delle righe scure di diversa intensità. Nel 1814 il fisico tedesco Joseph von Fraunhofer (1787-1826) misurò e catalogò le righe scure, che da allora presero il nome di *righe di Fraunhofer* (figura 1). L'origine di queste anomalie era attribuibile a due cause: le linee scure potevano essere dovute all'assorbimento di luce da parte di elementi presenti nell'atmosfera del Sole oppure derivavano dall'azione dell'atmosfera terrestre. Nel 1859 il matematico e fisico tedesco Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) enunciò le seguenti leggi, che permisero di risolvere il problema:

- i corpi solidi o liquidi ad alta temperatura generano spettri continui, mentre i gas emettono spettri a righe caratteristici;
- gli spettri di assorbimento e di emissione di un gas coincidono.

Kirchhoff analizzò le righe scure dello spettro del Sole e vide che coincidevano con gli spettri di emissione a righe di alcuni elementi. Kirchhoff concluse che l'assenza di certe lunghezze d'onda, le righe scure, era dovuta all'assorbimento di luce nell'atmosfera solare da parte di atomi di alcuni elementi presenti anche sulla Terra. Il Sole è quindi costituito da materia ordinaria. Lo spettro continuo si genera dalla superficie solare, detta **fotosfera**, mentre le righe di Fraunhofer hanno origine prevalentemente nella **corona**, lo strato più alto dell'atmosfera del Sole, dove gli atomi degli elementi presenti assorbono radiazioni di opportuna lunghezza d'onda, producendo le righe scure. In pratica noi osserviamo la calda fotosfera attraverso la fredda corona, che sovrappone le sue righe. Le righe di Fraunhofer corrispondono alla presenza nella corona del Sole di idrogeno, di metalli neutri e di metalli ionizzati (tabella 1).

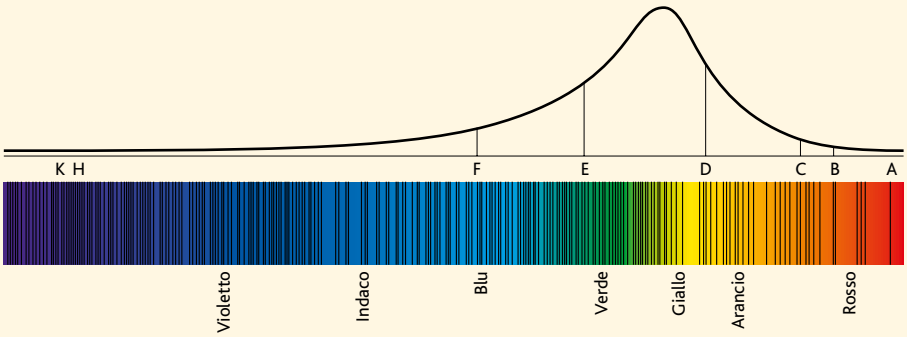

figura 1 Il grafico, che riporta l'intensità della luce emessa dal Sole in funzione della lunghezza d'onda, mostra un massimo in corrispondenza della luce gialla, individuabile in basso nello spettro continuo. Lo spettro continuo del Sole presenta numerose righe scure, chiamate righe di Fraunhofer in onore dello scienziato che le ha catalogate con precisione.

Riga	Lunghezza d'onda (nm)	Origine
A	759,4	Ossigeno terrestre
B	686,7	Ossigeno terrestre
C	656,3	Idrogeno (H-alfa)
D1	589,6	Sodio neutro (Na I)
D2	589,0	Sodio neutro (Na I)
E	527,0	Ferro neutro (Fe I)
F	486,1	Idrogeno (H-beta)
H	396,8	Calcio ionizzato (Ca II)
K	393,4	Calcio ionizzato (Ca II)

tabella 1 Nello spettro del Sole sono presenti le righe degli elementi presenti nella corona, come l'idrogeno, il calcio, il sodio e il ferro.

Gli spettri delle stelle non sono tutti uguali, in quanto la temperatura della superficie e la composizione chimica dell'atmosfera stellare varia da una stella all'altra. In base al loro spettro le stelle vengono classificate in classi spettrali. Le classi spettrali sono sette e vengono indicate utilizzando le lettere dell'alfabeto:

O, B, A, F, G, K, M.

Le stelle con la stessa temperatura fanno parte della stessa classe spettrale.

Il Sole fa parte della classe G, dove sono classificate tutte le stelle gialle con una temperatura superficiale di circa 6000 K.

La spettroscopia solare permise anche la scoperta di un elemento sconosciuto sulla Terra. Nel 1868 Pierre Janssen individuò nello spettro del Sole alcune righe che non coincidevano con quelle di nessun elemento chimico noto. A questo elemento fu dato il nome di elio. Nel 1895 l'elio fu osservato anche sulla Terra. In quell'anno fu isolato dalla cleveite, e le caratterizzazioni successive permisero di classificarlo come non-metallo.

Fraunhofer: un vetraio geniale

Joseph von Fraunhofer (1787-1826), fisico e astronomo tedesco, di origini molto umili, ha avuto una vita piuttosto avventurosa. Rimase orfano all'età di 11 anni e venne preso come apprendista presso il vetraio Weichelsberger. Nel 1801 la bottega crollò e il giovane Fraunhofer rimase sepolto sotto le macerie. Sopravvisse grazie a una operazione di salvataggio condotta dal principe di Baviera Massimiliano. Il principe divenne poi protettore di Fraunhofer e lo aiutò economicamente perché potesse proseguire gli studi.

Fraunhofer, dopo un periodo di studio, iniziò a lavorare all'Istituto di Ottica nell'abbazia di Benediktbeuern, istituto di cui divenne poi direttore. Qui mise a punto il metodo per valutare la dispersione delle lenti sfruttando lo spettro solare. Dal 1814 iniziò lo studio sistematico delle righe di assorbimento dello spettro solare, che ancora oggi sono chiamate *righe di Fraunhofer*.

È sua l'invenzione del reticolo di diffrazione, dispositivo in grado di disperdere la luce e che oggi sostituisce il prisma all'interno degli spettrografi.

Confrontò fra loro gli spettri delle stelle e pose le basi della moderna spettroscopia stellare, disciplina che permette di ricavare dalla luce tutte le informazioni che questa forma di energia porta con sé.

I risultati scientifici conseguiti fecero ottenere a Fraunhofer un dottorato onorario presso l'università di Erlangen nel 1822 e un titolo nobiliare. Non ebbe il tempo di godersi gli onori ricevuti; morì nel 1826 a soli 39 anni a causa dei vapori tossici respirati nella lavorazione del vetro.