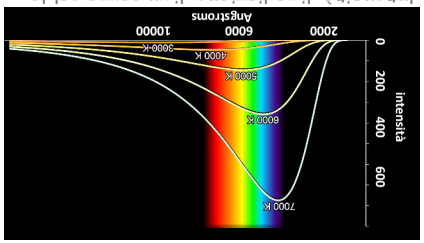
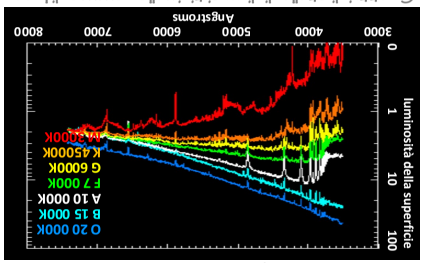


Intensità di radiazione di un corpo caldo in funzione della lunghezza d'onda per vari valori della temperatura.



Spettri di stelle di diversi tipi nella gamma di luce visibile dello spettro elettromagnetico.

Le temperature delle stelle

Non tutte le stelle hanno lo stesso colore. Quelle più fredde sono rosse. Quelle più calde sono blu. Il Sole, con una temperatura superficiale di 5500 °C (5800 K), è giallo. Queste differenze di colore sono dovute al modo in cui la forma dello spettro di radiazione di una stella varia con la temperatura, come mostrato nella figura della pagina accanto.

Qui sotto ci sono gli spettri visibili di stelle reali di diversi tipi (O, B, A, F, G, K, M). Ogni tipo ha la sua temperatura. Oltre alla distribuzione generale dell'intensità della radiazione, ci sono anche linee di assorbimento di profondità variabile dovute agli elementi presenti nell'atmosfera delle stelle sotto forma di atomi o ioni.

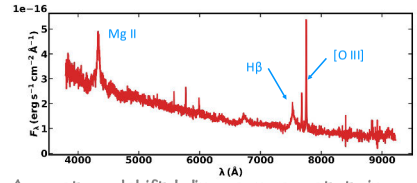
Spettri di quasar

I quasar sono oggetti situati a distanze molto grandi e contengono un buco nero supermassiccio al loro centro, che attrae la materia circostante (vedi TUIMP 6). Prima di cadere nel buco nero, la materia viene arrotolata in un "disco di accrescimento" e riscaldata a centinaia di migliaia di gradi. Questo si traduce in uno spettro molto blu.

Le linee di emissione sono allargate e spostate di rosso (questo spostamento è chiamato "redshift").

L'allargamento e il redshift sono dovuti all'effetto Doppler (vedi TUIMP 15), che cambia la frequenza dell'onda luminosa in funzione della velocità della sorgente rispetto all'osservatore. Le linee sono « redshiftate » a causa della recessione dei quasar dovuta all'espansione dell'Universo e allargate a causa della rotazione della materia attorno al buco nero.

Un quasar situato ad un redshift z di 0,548, che corrisponde ad una distanza di circa 10 miliardi di anni luce.



A questo redshift, le linee sono spostate in lunghezza d'onda di più del 50%. Per esempio, la linea Hβ dell'idrogeno è osservata a 7524 Å mentre la sua lunghezza d'onda di riposo è 4861 Å. Vediamo anche una linea di magnesio ionizzato (Mg II) che non appare mai negli spettri ottici delle galassie vicine.

Alcune linee (Hβ, Mg II) sono molto ampie, perché si formano vicino al buco nero in una zona dove la velocità di rotazione raggiunge i 20 000 km/s.

Lo spettro sale verso il blu a causa dell'emissione del disco di accrescimento che è molto caldo.

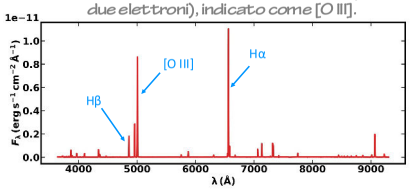
Spettri di nebulose ionizzate

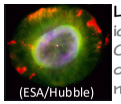
Le nebulose sono nubi di gas diffuso. Possono essere ionizzate da giovani stelle massicce con temperature intorno ai 40 000K (queste sono le "regioni HII") o da stelle evolute meno massicce che possono superare i 100 000 K (queste sono le "nebulose planetarie").

Gli spettri delle nebulose ionizzate sono molto diversi dagli spettri stellari. Mentre questi ultimi mostrano per lo più linee di assorbimento, la maggior parte della luce nelle nebulose è emessa solo in poche linee, che hanno origine o da ricombinazioni di idrogeno ed elio o da collisioni con elettroni liberi nel gas.

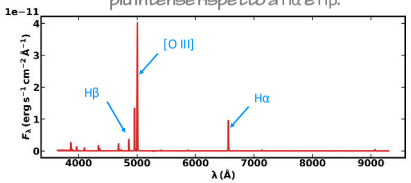
Queste linee di collisione non sono osservate nelle stelle e furono inizialmente attribuite a un elemento sconosciuto, chiamato "nebulium". Fu solo nel 1928 che Ira Bowen mostrò che queste linee provengono da elementi conosciuti ma si verificano solo a densità molto basse. Sono chiamate 'linee proibite'.

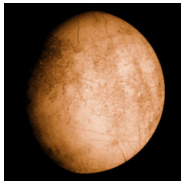
La nebulosa planetaria Hb12, ionizzata da una stella che ha una temperatura T= 48 000 K. Le linee più forti nel suo spettro sono le linee di ricombinazione dell'idrogeno Hα e Hβ e le linee proibite dello ione O^{++} (atomo di ossigeno che ha perso due elettroni), indicato come [O III].





La nebulosa planetaria NGC 7662 ionizzata da una stella CON T= 130 000 K. Poiché questa stella è più calda, produce una proporzione maggiore di ioni O^{++}, e le linee [O III] sono più intense rispetto a Hα e Hβ.





Quiz

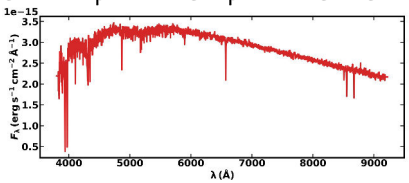
Quale di questi oggetti ha linee di emissione nel suo spettro?

Risposta sul retro

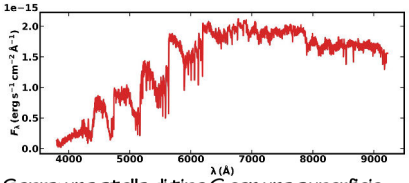
L'universo tascabile

Grażyna Stasińska
Osservatorio di Parigi

Ecco gli spettri di due stelle che differiscono solo per la loro composizione chimica.



Sopra: una stella di tipo G di composizione normale (simile al Sole).



Sopra: una stella di tipo G con una superficie molto ricca di carbonio (prodotto all'interno della stella e portato in superficie per convezione). Le linee profonde e larghe e la depressione a lunghezze d'onda più corte sono dovute a molecole di carbonio.

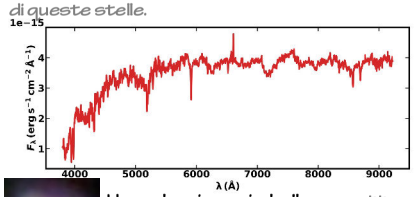
Gli spettri delle galassie

Una galassia contiene milioni o anche miliardi di stelle e talvolta di gas. Lo spettro di una galassia dovrebbe quindi apparire come una combinazione di spettri stellari ed eventualmente nebulari.

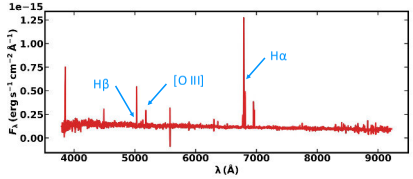
Le galassie ellittiche (vedi TUIMP 3 e 23) non contengono gas e non vi si sono formate nuove stelle per molto tempo. Sono popolate solo da vecchie stelle rosse. Tutte le stelle massicce che contenevano un tempo sono esplose come supernove. I loro spettri mostrano solo linee di assorbimento.

Le galassie a spirale contengono gas e stelle massicce (di tipo O e B) in grado di ionizzare il gas. Così i loro spettri mostrano intense linee di emissione, sovrapposte ad uno spettro dominato da stelle calde.

Una galassia ellittica. Il suo spettro, ottenuto come parte del Sloan Digital Survey (SDSS), mostra un'intensità decrescente verso le lunghezze d'onda più corte perché la maggior parte dei stelle della galassia sono rosse. Si possono vedere le linee di assorbimento caratteristiche di queste stelle.



Una galassia a spirale. Il suo spettro, che mostra linee di emissione, è simile a quello di una regione HII.



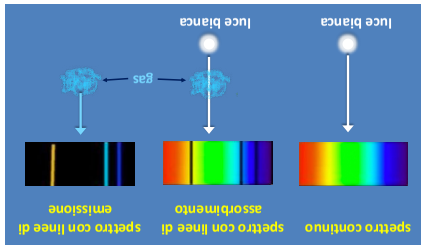
La composizione delle stelle

Oggi, grazie alle linee di assorbimento osservate negli spettri delle stelle, gli astronomi sanno quali elementi sono presenti nella loro atmosfera e possono misurare la loro abbondanza.

La composizione chimica dell'atmosfera di una stella è, in generale, identica a quella della nube molecolare in cui si è formata. L'interno della stella ha una composizione chimica diversa da quella dell'atmosfera a causa delle reazioni nucleosintetiche che vi avvengono (vedi TUIMP 14) ma questo non viene misurato direttamente.

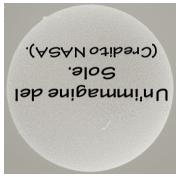
Si può vedere che, in generale, le stelle hanno una composizione chimica simile a quella del Sole. Tuttavia, le stelle nelle parti più esterne della Galassia tendono ad essere meno ricche di elementi più pesanti dell'elio, perché sono meno arricchite di prodotti di nucleosintesi.

Tipi di spettri

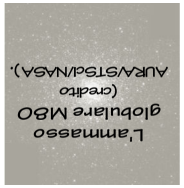


Un fotone (un "granello di luce") può eccitare un atomo spostando un elettrone a un livello di energia superiore. Se il fotone ha abbastanza energia, può ionizzare l'atomo, cioè rimuovere l'elettrone dall'atomo. In entrambi i casi, il fotone viene assorbito.

Nel processo inverso, diseccitazione o ricombinazione, viene emesso un fotone.

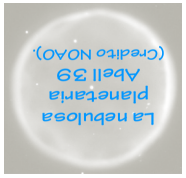


Un'immagine del Sole. (Credito NASA).

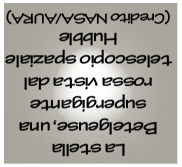


L'ammasso globulare M80 (credito AURA/STScI/NASA).

Solo la nebulosa planetaria ha linee di emissione nel suo spettro.



La nebulosa planetaria Abell 39 (Credito NOAO).



La stella Betelgeuse, una supergigante rossa vista dal telescopio spaziale Hubble (Credito NASA/AURA)

Europa, un satellite di Giove. Foto scattata dalla sonda spaziale Voyager. (Credito NASA).

Tutti gli altri oggetti hanno spettri di tipo stellare.

Questo libretto è stato scritto nel 2021 da Grażyna Stasińska, dell'Osservatorio di Parigi, con l'aiuto di Natalia Vale Asari (UFSC, Brasile).

Immagine di copertina: Lo spettro del Sole tagliato in bande e impilato l'uno sull'altro. Mostra tutte le linee di assorbimento che si formano nell'atmosfera del Sole nella gamma visibile. Questo è il "codice a barre" del Sole. Questo spettro è stato ottenuto con il telescopio solare del National Solar Observatory a Kitt Peak, Arizona (USA).

Per saperne di più su questa collezione e sugli argomenti presentati in questo opuscolo potete visitare http://www.tuimp.org

Traduzione: Marcello Fulchignoni
TUIMP Creative Commons
CC BY NC SA

L'universo tascabile n. 30

Nel 1835 il filosofo francese Auguste Comte disse che non sapremo mai di cosa sono fatte le stelle.

Tuttavia, Isaac Newton aveva già dimostrato che se un fascio di luce proveniente dal Sole viene diviso da un prisma, si ottiene una macchia con i colori dell'arcobaleno: uno "spettro" (vedi TUIMP 2).

Nel 1814, Joseph von Fraunhoffer costruì uno spettrografo con cui scoprì più di 500 linee scure nello spettro del Sole. Ma fu solo nel 1860 che Gustav Kirchoff dimostrò che queste linee provenivano da elementi chimici negli strati superiori del Sole.

L'identificazione di queste linee iniziò subito dopo, contraddicendo la previsione pessimistica di Comte.

Questo fu l'inizio dell'astrofisica, il ramo dell'astronomia che studia la natura delle stelle analizzando la radiazione che emettono.