

LE STELLE

G. Iafrate^(a), M. Ramella^(a) e V. Bologna^(b)

^(a) INAF - Osservatorio Astronomico di Trieste

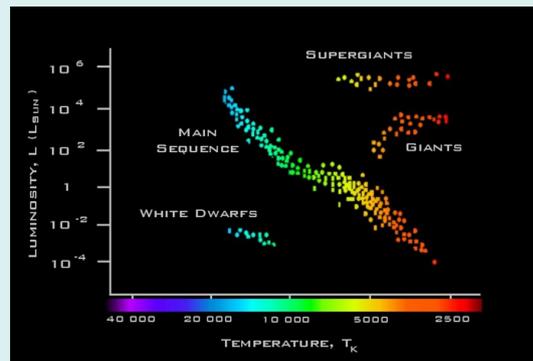
^(b) Istituto Comprensivo S. Giovanni Sc. Sec. di primo grado "M. Codermatz" - Trieste

Questo modulo didattico illustra come costruire il diagramma di Hertzsprung-Russell e quali informazioni sull'evoluzione stellare si possono ricavare dal colore e dalla luminosità delle stelle.

Informazioni e contatti: <http://vo-for-education.oats.inaf.it> - iafrate@oats.inaf.it

Colore e luminosità: il diagramma HR

Le stelle hanno colori e luminosità (intrinseche) differenti. I colori corrispondono a diverse temperature superficiali: le stelle più fredde sono rosse mentre quelle più calde sono blu. Il diagramma colore – luminosità (diagramma Hertzsprung-Russell o HR) mostra che le stelle occupano regioni ben definite e che quindi la loro luminosità dipende dalla temperatura. Il diagramma HR permette di ricavare importanti informazioni sull'evoluzione stellare.



Le stelle, durante la loro evoluzione, si muovono lungo il diagramma HR passando la maggior parte della loro "vita" nella cosiddetta "sequenza principale". In questa fase le stelle producono la loro luminosità bruciando idrogeno. Quando questo combustibile si esaurisce, le stelle iniziano il loro percorso nel diagramma HR muovendosi verso l'angolo in alto a destra dove rimangono per un po' come giganti e supergiganti, molto luminose ma relativamente fredde. La maggioranza delle stelle termina la propria vita spostandosi nella zona delle "nane bianche" molto calde ma poco luminose.

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

Costruire il diagramma HR

Con Stellarium si possono localizzare le stelle in cielo e visualizzare le loro proprietà fondamentali tra cui la magnitudine assoluta (luminosità) e la classe spettrale (legata al colore) con le quali costruire un diagramma HR.

Stellarium permette quindi di ripetere l'esperienza di Hertzsprung e Russell senza dover passare molte notti al telescopio, ma osservando le 25 stelle più luminose del cielo con il Virtual Observatory.



1 Introduzione

Le stelle non hanno tutte lo stesso colore e la stessa luminosità. Seguendo questo esempio impareremo cosa sono il colore e la luminosità delle stelle, e quali informazioni sull'evoluzione stellare ci forniscono.

2 Le stelle: magnitudine e colore

Guardando il cielo a occhio nudo la maggior parte delle stelle ci appare dello stesso colore. Vediamo le stelle brillare di luce bianca perché l'occhio umano, in condizioni di bassa luminosità, perde la capacità di distinguere i colori: solo le stelle più brillanti sono sufficientemente luminose da mostrarci il loro colore.

Guardando il cielo con un binocolo o con un telescopio vediamo che le stelle in realtà hanno colori diversi, e che questi colori possono essere ordinati in una sequenza: dal blu al bianco, giallo, arancione e rosso.

Per studiare i colori delle stelle gli astronomi utilizzano gli spettri. Uno spettro si forma quando la luce passa, per esempio, attraverso un prisma. Il prisma scompone la luce nei colori dell'arcobaleno e viene utilizzato per determinare il colore delle stelle. Grazie alle leggi della fisica, gli astronomi hanno capito che differenti colori corrispondono a differenti temperature superficiali. Le stelle più fredde (temperatura superficiale di circa 2500 K) sono rosse mentre le più calde (temperatura superficiale di circa 50000 K) sono blu. Il Kelvin è, nel Sistema Internazionale, l'unità di misura della temperatura: $T (K) = T (°C) + 273,15$.

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

Per semplicità la sequenza dei colori è divisa in 7 classi spettrali, indicate dalle lettere O, B, A, F, G, K, M. Ogni classe è ulteriormente suddivisa in 10 sottoclassi indicate con un numero da 0 a 9, per avere una definizione più precisa di classe spettrale. Per esempio A0 indica la stella più calda nella classe A e A9 la più fredda.

Classe Spettrale	Temperatura	Colore
O	30000 - 60000 K	blu
B	10000 - 30000 K	blu - bianco
A	7500 - 10000 K	bianco
F	6000 - 7500 K	bianco - giallo
G	5000 - 6000 K	giallo
K	3500 - 5000 K	arancione
M	2000 - 3500 K	rosso

La luminosità apparente di una stella dipende dalla sua distanza da noi, dalla temperatura e dal raggio. La luminosità apparente è misurata in magnitudine apparente: la magnitudine è una scala di luminosità utilizzata per paragonare la luminosità delle stelle. I primi astronomi assegnarono magnitudine 1 alla stella più luminosa del cielo e magnitudine 6 alle più deboli visibili a occhio nudo. Con i telescopi possiamo vedere stelle molto più deboli della magnitudine 6, quindi la attuale scala della magnitudine si estende oltre questo valore. Ci sono anche stelle più brillanti della magnitudine 1: per esempio Vega ha magnitudine 0 e il Sole ha magnitudine -27.

La scala delle magnitudini è logaritmica poiché l'occhio umano percepisce la luce in modo logaritmico, quindi un incremento di 5 magnitudini corrisponde a una diminuzione di luminosità di un fattore 100: una stella di magnitudine 6 non è 5 volte meno luminosa di una di magnitudine 1, ma 100 volte meno luminosa.

Gli astronomi misurano la luminosità tramite la magnitudine assoluta, che è la magnitudine apparente che la stella avrebbe se fosse a 10 parsec (circa 33 anni luce) da noi. Comunque, per misurare la magnitudine assoluta di una stella dobbiamo conoscere la sua distanza.

3 Stellarium

Stellarium è un software che trasforma il proprio PC in un planetario. Stellarium calcola la posizione di Sole, Luna, pianeti e stelle, e mostra il cielo come apparirebbe a un osservatore ovunque sulla Terra e in qualsiasi momento. Stellarium può anche disegnare le costellazioni e simulare fenomeni astronomici come sciame meteorici ed eclissi di Sole e di Luna.

Stellarium può essere utilizzato come software educativo per l'insegnamento dell'astronomia a bambini e ragazzi, come aiuto agli astrofili che vogliono pianificare una sessione osservativa, o semplicemente per esplorare il cielo (è divertente!). Stellarium mostra un cielo realistico, proprio come si vedrebbe a occhio nudo, oppure con un binocolo o un telescopio.

Stellarium fornisce i dati astronomici (coordinate, magnitudine, distanza, ecc.) della maggior parte degli oggetti celesti visualizzati sullo schermo.

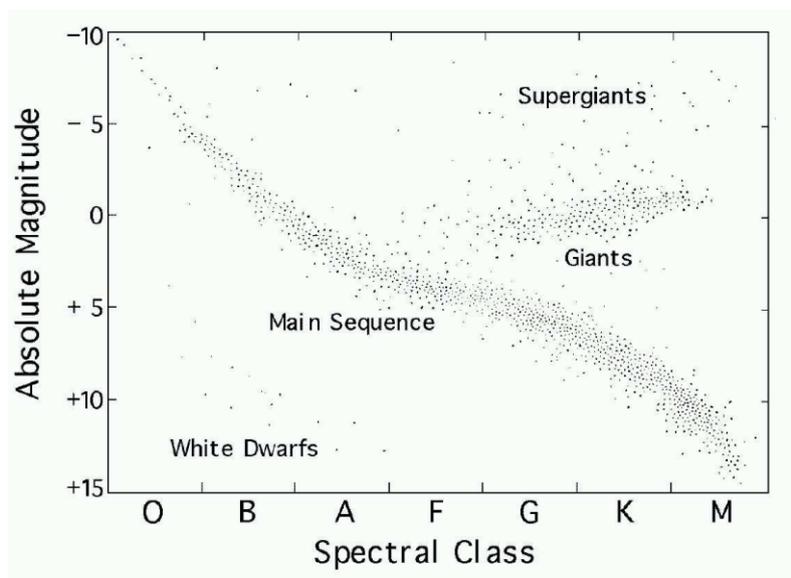
Stellarium è disponibile sul sito <http://www.stellarium.org>.

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

4 Diagramma di Hertzsprung-Russell

Il diagramma di Hertzsprung-Russell (HR) è un grafico che rappresenta la magnitudine assoluta delle stelle in funzione della loro classe spettrale. In questo diagramma le stelle popolano solo alcune regioni ben definite: la maggior parte appartiene alla cosiddetta *sequenza principale*, una regione diagonale leggermente curva.

Gli astronomi hanno scoperto che le stelle durante la loro vita si spostano all'interno del diagramma, passando la maggior parte del tempo nella sequenza principale. La "vita" di una stella è chiamata "evoluzione" (vedi riquadro nella pagina successiva).



Il 90% delle stelle vive nella sequenza principale, con le stelle blu nell'angolo in alto a sinistra della sequenza e quelle rosse nell'angolo in basso a destra. Il Sole è situato circa nel mezzo della sequenza.

Nel diagramma ci sono anche stelle che non appartengono alla sequenza principale e che sono verso la fine della propria vita. Per esempio le giganti e le supergiganti occupano l'angolo in alto a destra del diagramma, poiché sono molto luminose ma relativamente fredde. Le nane bianche, che sono molto calde ma piccole, stanno nell'angolo in basso a sinistra.

5 Diagramma HR con Stellarium

Le stelle che vediamo in cielo hanno differente luminosità e differente temperatura, caratteristiche che ci permettono di studiare la loro evoluzione. Per costruire il diagramma HR proviamo a ripetere il lavoro svolto da Hertzsprung e Russell, che all'inizio del XX secolo hanno ottenuto il loro famoso diagramma sull'evoluzione stellare.

Hertzsprung e Russell hanno osservato le stelle più luminose del cielo, ricavato la loro magnitudine assoluta e classe spettrale, costruito un grafico e studiato il risultato. Noi possiamo ottenere lo stesso risultato molto più velocemente, senza dover osservare il cielo per molte notti, ma sfruttando i software del Virtual Observatory. Osserveremo in Stellarium le 25 stelle più luminose del cielo e poi creeremo un grafico con le loro magnitudini assolute e classi spettrali.

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

Aprire Stellarium e disattivare l'atmosfera e l'orizzonte (pulsanti "atmosfera" e "terreno" nel menu in basso), per vedere l'intera sfera celeste. Aprire la finestra di ricerca (dal menu a sinistra) e digitare il nome di una stella, per esempio Sirius. Stellarium si muove sulla stella e nell'angolo in alto a sinistra appaiono tutte le informazioni sull'oggetto selezionato. A noi interessano magnitudine assoluta e classe spettrale. Ripetere lo stesso procedimento per tutte le 25 stelle e completare il grafico con un puntino per ogni stella, in corrispondenza della sua classe spettrale e della sua magnitudine assoluta. Abbiamo così costruito il nostro diagramma HR. Riconoscete qualche caratteristica del ciclo dell'evoluzione stellare?

Evoluzione stellare

Le stelle sono grandi sfere di gas (se immaginiamo la Terra delle dimensioni di un granello di sabbia, una stella media è delle dimensioni di una sfera di un metro di diametro). Le stelle producono energia tramite la fusione nucleare che avviene nel loro nucleo, composto principalmente di idrogeno. Il processo principale è la trasformazione di quattro atomi di idrogeno in uno di elio. L'energia di un atomo di elio è minore della somma dell'energia dei quattro atomi di idrogeno originali: la differenza di energia viene emessa sotto forma di radiazione.

Una stella passa la maggior parte della propria vita in una fase tranquilla, a cui corrisponde la sequenza principale del diagramma HR, mentre brucia l'idrogeno del nucleo. Le stelle non hanno tutte la stessa quantità di carburante, in questo caso idrogeno: dipende dalla loro massa. Le stelle più massicce ne hanno di più quindi brillano più intensamente, e finiscono il carburante prima di quelle poco massicce, che brillano di meno. Le stelle massicce evolvono più rapidamente e rimangono per meno tempo nella sequenza principale.

La fase in sequenza principale termina quando la stella finisce l'idrogeno presente nel nucleo, che si è trasformato tutto in elio. La stella ora brucia l'elio nel nucleo e l'idrogeno in uno strato attorno. La stella inizia a espandersi e diventa una gigante rossa. Le stelle giganti sono molto grandi e relativamente fredde, hanno una superficie grande e quindi emanano una gran quantità di energia, apparendo molto luminose.

Quando una stella finisce tutto il suo combustibile, non solo l'idrogeno, può iniziare a collassare oppure esplodere. Se la stella è massiccia espelle i suoi strati più esterni che formano una nebulosa planetaria, mentre il nucleo collassa in una nana bianca. Le stelle più massicce esplodono come supernovae e/o collassano in un buco nero.

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

ESERCIZI

Esercizio 1

Nella tabella c'è l'elenco delle stelle più luminose del cielo. Cercarle in Stellarium e completare la tabella con la loro magnitudine assoluta, classe spettrale (riportare in tabella solo la prima lettera e il primo numero indicati da stellarium, es. B3IV -> B3) e costellazione.

Stella	Magnitudine Assoluta	Classe Spettrale	Costellazione
Sun		G2	
Sirius			
Rigel Kent			
Arcturus			
Vega			
Capella			
Procyon			
Achernar			
Betelgeuse			
Hadar			
Acrux			
Altair			
Aldebaran			
Antares			
Spica			
Pollux			
Fomalhaut			
Mimosa			
Regulus			
Adhara			
Canopus			
Gacrux			
Shaula			
Rigel			
Deneb			

SOLUZIONI

Esercizio 1

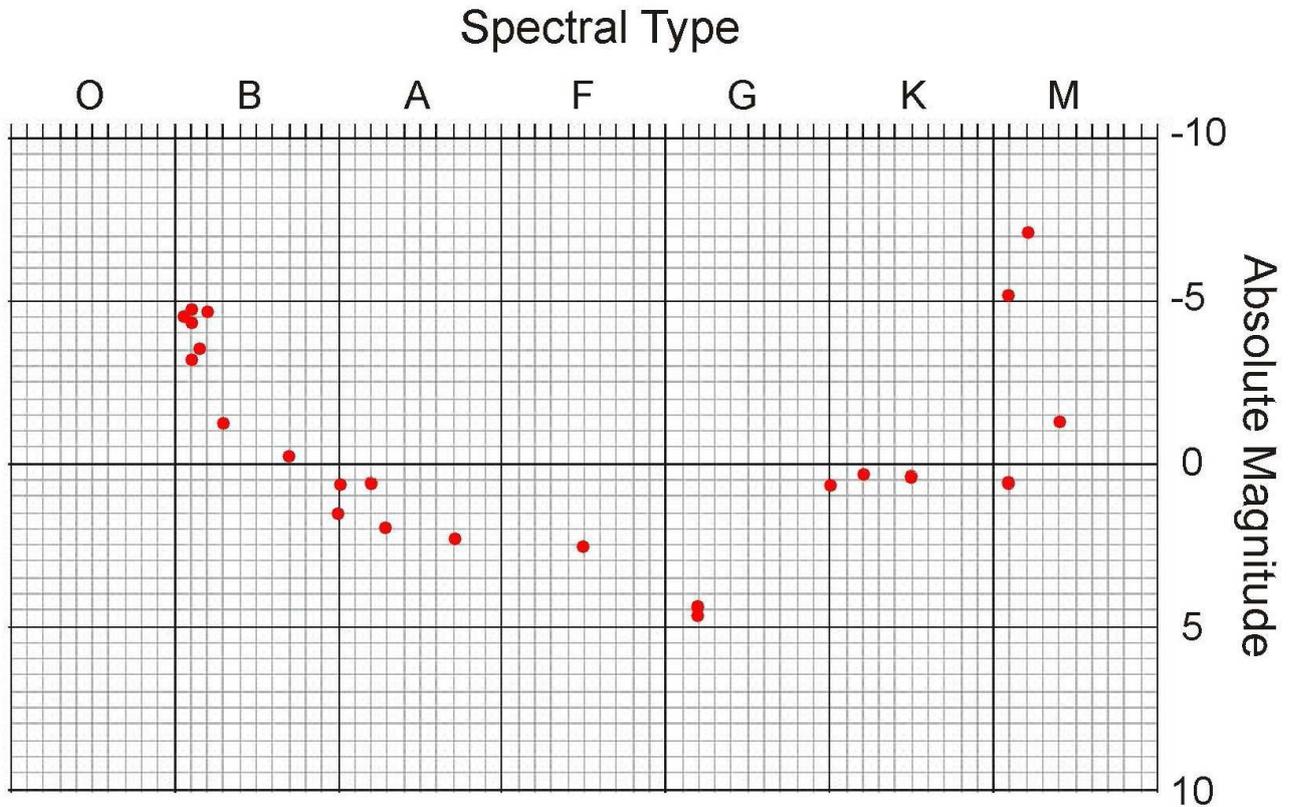
Nella tabella c'è l'elenco delle stelle più luminose del cielo. Cercarle in Stellarium e completare la tabella con la loro magnitudine assoluta (riportare in tabella solo la prima lettera e il primo numero indicati da stellarium, es. B3IV -> B3), classe spettrale e costellazione.

Stella	Magnitudine Assoluta	Classe Spettrale	Costellazione
Sun	4.83	G2	
Sirius	1.44	A0	Cane Maggiore
Rigel Kent	4.45	G2	Centauro
Arcturus	-0.11	K0	Bifolco
Vega	0.57	A1	Lira
Capella	-0.54	G1	Auriga
Procyon	2.68	F5	Cane Minore
Achernar	-2.70	B6	Eridano
Betelgeuse	-5.47	M4	Orione
Hadar	-5.48	B1	Centauro
Acrux	-3.71	B0.5	Croce del Sud
Altair	2.20	A7	Aquila
Aldebaran	-0.70	K5	Toro
Antares	-5.10	M1.5	Scorpione
Spica	-3.47	B1	Vergine
Pollux	1.07	G9	Gemelli
Fomalhaut	1.72	A4	Pesce Austrino
Mimosa	-3.92	B1	Croce del Sud
Regulus	-0.58	B8	Leone
Adhara	-3.97	B1	Cane Maggiore
Canopus	-5.53	A9	Carina
Gacrux	-0.62	M3.5	Croce del Sud
Shaula	-4.62	B1.5	Scorpione
Rigel	-6.96	B8	Orione
Deneb	-6.93	A2	Cigno

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!

Esercizio 2

Inserire nel seguente diagramma HR ciascuna stella dell'esercizio precedente, in base alla sua magnitudine assoluta e classe spettrale. Riconoscete qualche caratteristica tipica del diagramma HR?



Si ringraziano Alessia Canelli, Karin Cescon, Dimitri Francolla e Asia Micheli, del liceo scientifico G. Galilei di Trieste, per la revisione di questo modulo didattico avvenuta nell'ambito del progetto europeo Asterics (H2020).

Il nostro progetto dipende dal vostro gradimento. Se avete trovato utile il materiale che abbiamo sviluppato vi preghiamo di riconoscerlo nei vostri lavori, scriverci una mail (iafrate@oats.inaf.it) o mettere un mi piace sulla nostra pagina Facebook (www.facebook.com/VOedu). Grazie!