

PER NON ASTRONOMI CHE DESIDERINO ORIENTARSI NEL DIAGRAMMA DI HERTZSPRUNG-RUSSELL

A cura di Mauro Spadolini

Asse verticale: magnitudini assolute (scala lineare) o luminosità assolute (scala logaritmica) delle stelle

Si comincia sempre col misurare (qui dal suolo o dall'orbita terrestre di un satellite astronomico) la luminosità apparente di una stella confrontandola con la luminosità apparente di altre stelle note. Si intende la luminosità nella parte centrale dello spettro, vale a dire nel verde, o nel visuale, come si dice. Si misurano però anche le luminosità nel blu e nel rosso ed anche quelle nell'ultravioletto e nell'infrarosso, per avere altre informazioni sulla stella, che saranno utili sia per posizionare la stella nel punto giusto del diagramma H-R sia per ricavare ulteriori informazioni sull'astro.

Così le stelle più luminose (gli antichi dicevano "di prima grandezza") diventano stelle di magnitudine 1 (Aldebaran, ad esempio). Le stelle di seconda grandezza diventano stelle di magnitudine 2 (stella Polare, ad esempio) e così fino alle stelle di sesta grandezza, che diventano di magnitudine 6 (come la Cygni B, ad esempio), cioè stelle che sono appena visibili ad occhio nudo.* Comunque, in condizioni ottimali (nel deserto e con una vista molto buona) si può arrivare a vedere anche stelle di magnitudine 7 o addirittura 8. Quindi non si potrà mai vedere ad occhio nudo Proxima Centauri, perché, pur essendo così vicina, è di magnitudine (apparente) 11.

* Altri esempi: Acamar è di magnitudine 3 (2,9), Alshain è di magnitudine 4 (3,7), la stella Cygni A è di magnitudine 5 (5,2). Stiamo sempre parlando di magnitudini apparenti m (nel visuale, perché nel blu o nel rosso le loro magnitudini apparenti sono un poco diverse). Quindi non parliamo ancora delle magnitudini assolute M (sempre nel visuale) che compaiono sul diagramma H-R.

L'astronomo inglese Norman R. Pogson (1829-1891) avendo notato che le stelle di prima grandezza degli antichi (magnitudine 1) erano circa cento volte più luminose (apparentemente) delle stelle di sesta grandezza (magnitudine 6), stabilì che per ciascuno dei cinque salti di magnitudine (da 1 a 6) si avesse ogni volta una luminosità di circa 2,512 volte minore della precedente (infatti $2,512^5 \approx 100$). Ne deriva che la stella Polare (di magnitudine 2) ha una luminosità di circa 2,5 volte minore di quella di Aldebaran (magnitudine 1) e che Sirio, che ha magnitudine apparente di circa -1,45, ha una luminosità di circa $2,512^{2,45}$ volte maggiore di quella di Aldebaran (quasi dieci volte maggiore), dato che l'intervallo tra le magnitudini di Sirio (-1,45) e di Aldebaran (1) è di 2,45 unità. Il pianeta Giove, con magnitudine apparente -3, ha una luminosità di una quarantina di volte maggiore di quella di Aldebaran (1), dato che $2,512^4 \approx 40$, ecc.

Fra le stelle più deboli, invece, Proxima Centauri, di magnitudine apparente 11, è circa diecimila volte meno luminosa di Aldebaran, poiché la differenza tra le loro magnitudini è 10 e poiché risulta che $2,512^{10}$ è all'incirca uguale a 10 000.

Il tutto viene riassunto con la prima formula di Pogson:

$$m_1 - m_2 = -2,5 \text{ Log } (L_1/L_2)$$

dove si parte dal rapporto tra le due luminosità apparenti L_1 e L_2 delle due stelle 1 e 2 per ottenere la differenza delle loro magnitudini apparenti m_1 e m_2 . Se, ad esempio, la luminosità L_1 della stella 1 appare cento volte maggiore della luminosità L_2 della stella 2, il logaritmo in base dieci di 100 sarà uguale a 2 e quindi la differenza tra le due magnitudini apparenti risulterà uguale a -5. Questo vuol dire che la magnitudine apparente m_2 della stella meno luminosa è di cinque unità maggiore della magnitudine apparente m_1 della stella più luminosa.

Per confrontare le stelle tra loro sono però più utili la **luminosità assoluta** o la **magnitudine assoluta**, oltre che il loro "indice di colore" o "classe spettrale" (vale a dire la loro temperatura superficiale - si veda la spiegazione alla fine), in modo che sarà così possibile sistemare ciascuna stella sul diagramma cartesiano di Hertzsprung-Russell.

Si suppone quindi di mettere tutte le stelle alla stessa distanza di 10 parsec (32,6 anni luce) dall'osservatore e di confrontare tra loro, in quelle condizioni, le luminosità e le

relative magnitudini, che, questa volta, si chiameranno assolute. L'asse verticale del diagramma di Hertzsprung-Russell viene dunque quotato in magnitudine assoluta (che è un numero puro) o in luminosità assoluta o, meglio ancora, luminosità assoluta relativamente al Sole, poiché è più comodo lavorare con numeri puri anche con le luminosità (prendendo come unità la luminosità assoluta del Sole).

Per passare dalla magnitudine apparente m a quella assoluta M bisogna conoscere la distanza d della stella dal Sole (che converrà esprimere in parsec); dopodiché si calcola la magnitudine assoluta M con la seconda formula di Pogson:

$$M = m + 5 - 5 \cdot \text{Log } d$$

e sarà così possibile "sistemare" la stella all'altezza giusta sul diagramma H-R.

Oppure si può applicare la stessa formula, però scritta in un modo diverso per mettere in evidenza i 10 parsec della distanza convenzionale (oltre ai parsec della distanza d):

$$M = m - 5 \cdot \text{Log } (d / 10)$$

Questa formula è equivalente alla precedente poiché

$$\text{Log } (d / 10) = \text{Log } d - \text{Log } 10 = \text{Log } d - 1.$$

Per quanto riguarda la relazione tra le magnitudini assolute e le luminosità assolute vale quanto detto per quelle apparenti: La prima formula di Pogson questa volta sarà:

$$M_1 - M_2 = -2,5 \text{ Log } (L_{1\text{ass}} / L_{2\text{ass}})$$

tenendo però presente che la magnitudine assoluta M del Sole vale circa 4,75 e che gli si attribuisce la luminosità 1, diventando così tutte le altre luminosità assolute rapportate a quella del Sole e quindi espresse da numeri puri.

La supergigante Rigel, ad esempio, la stella più luminosa della costellazione di Orione (insieme con Betelgeuse, se parliamo di luminosità apparenti) ha una magnitudine assoluta M_1 di circa -8. Ebbene, avendo il Sole una magnitudine assoluta M_2 di circa 4,8, risulta che la luminosità assoluta di Rigel è circa 132 000 volte maggiore di quella del Sole. Infatti la differenza tra M_1 ed M_2 è: $-8 - 4,8 = -12,8$ e quindi risulta:

$\text{Log } (L_{1\text{ass}} / L_{2\text{ass}}) = (M_1 - M_2) / -2,5 = -12,8 / -2,5 = 5,12$. Questo vuol dire che $(L_{1\text{ass}} / L_{2\text{ass}}) = 10^{5,12} = 132 \times 10^3$ (131 826). La differenza di 12,8 tra le magnitudini deve portare allo stesso risultato. Di fatto anche $2,512^{12,8}$ è uguale a 132×10^3 (131 902).

Vengono qui riportate, in ordine di magnitudine apparente, le due magnitudini (m ed M), gli angoli di parallasse p e le distanze d delle stelle che abbiamo citato qui sopra (e di qualcun'altra). Per semplificare la tabella, che ha scopo solo esemplificativo, i valori sono stati scritti senza incertezze di misurazione (ed in massima parte provengono dal catalogo più recente).

Stella (costellazione)	magnitudine apparente m	magnitudine assoluta M	angolo di parallasse p (mas)	distanza d (parsec)
Sirio (Cane Maggiore)	-1,45	1,45	379	2,6
Alpha Centauri A (Centauro)	-0,01	4,3	742	1,35
Vega (Lira)	0 (0,03)	0,58	130	7,7
Rigel (Orione)	0,12	-8,0	3,78	264
Betelgeuse (Orione)	0,45	-5,1	5,07	197
Aldebaran (Toro)	1 (0,98)	0,63	50	20
Deneb (Cigno)	1 (1,25)	-8,38	1,01	990
Polare (Orsa minore)	2 (1,97)	-3,64	7,56	132
Acamar (Eridano)	3 (2,9)	-0,59	20,2	49,5
Alshain (Aquila)	4 (3,7)	3,03	73	13,7
Cygni A (Cigno)	5 (5,21)	7,48	287	3,48
Cygni B (Cigno)	6 (6,03)	8,33	287	3,48
Barnard's Star (Ofiuco)	9,54	13,2	549	1,82
Proxima Centauri (Centauro)	11	15,5	770	1,29

mas = *milliarcseconds*;

as = *arcseconds*;

1 parsec = 3,26 anni luce

Tutti i numeri di una riga dovrebbero soddisfare (anche solo approssimativamente) le seguenti due equazioni, che sono corrette solo se la distanza d è espressa in parsec (pc) e l'angolo di parallasse p in secondi d'arco (as) (le magnitudini m ed M sono invece numeri puri):

$$d = 1/p$$

$$M = m + 5 - 5 \cdot \text{Log } d$$

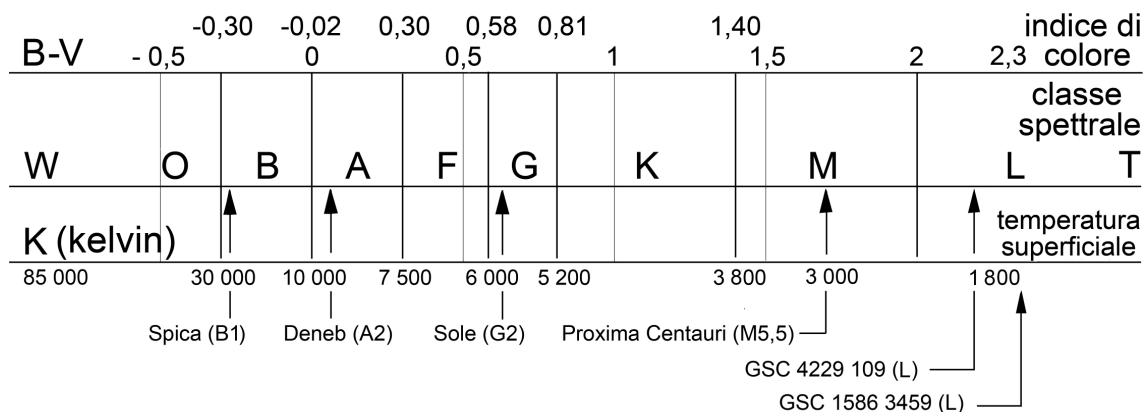
Asse orizzontale: indici di colore B-V (scala lineare) o classi spettrali o temperature superficiali delle stelle (in kelvin)

L'asse orizzontale del diagramma H-R può essere quotato in tre modi. Qui sotto sono riportate le corrispondenze tra l'indice di colore B-V (bi meno vu), la classe spettrale e la temperatura superficiale della stella, vale a dire il suo colore.

B rappresenta la magnitudine della stella misurata con un opportuno filtro di banda blu. V, invece, rappresenta la magnitudine misurata usando un filtro di banda visibile (che ha il picco nel verde). Tanto più calda è la stella, tanto maggiore sarà la sua luminosità nel blu rispetto a quella nel visibile. Di conseguenza, essendo le magnitudini espresse da numeri relativamente tanto più bassi quanto maggiori sono le luminosità, risulta che tanto minore è il B-V di una stella, tanto più calda è, in superficie, la stella.

In tutto questo discorso non è necessario specificare se si tratta di luminosità e magnitudini apparenti o assolute, dal momento che si sottraggono due magnitudini della stessa stella, quindi con la stessa distanza. Si può quindi rimanere alle magnitudini apparenti che risultano dalle luminosità apparenti misurate al telescopio.

Per quanto riguarda la classe spettrale si va dalla O delle stelle più calde alla M delle stelle meno calde. Oggi comunque si considera anche la classe W per le stelle ancora più calde di quelle di classe O e la classe L (ed anche T) per le nane meno calde delle nane rosse della classe M.



Si notino, in fondo a destra, due nane rosse di cui Goretta ha misurato la parallasse, partendo da foto scattate al telescopio di Loiano. Per la GSC 4229 109 è risultato un angolo di 0,924 as, cioè una distanza di 1,08 parsec (3,5 anni luce). Per la seconda, la GSC 1586 3459, è risultato un angolo di 1,34 as, per una distanza di 0,75 parsec, vale a dire 2,4 anni luce. Entrambe le stelle, quindi, sarebbero (sono) più vicine di Proxima Centauri!