

La distanza: come influisce nell'astronomia

Vanessa Staderini

Liceo Classico Virgilio

Stage presso INAF osservatorio astrofisico di Arcetri

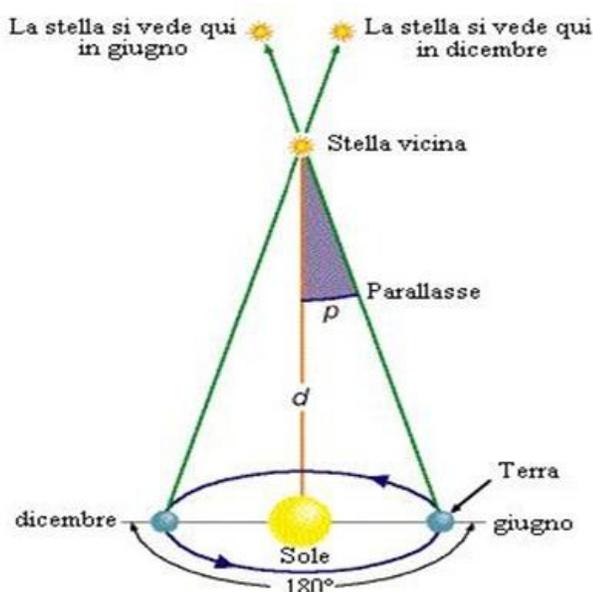
Fin dagli albori della civiltà umana l'universo ha sempre destato un grande interesse nell'animo degli uomini sia per motivi religiosi sia per il suo essere ignoto.

Nel corso della storia molti popoli si sono dedicati alla sua osservazione: partendo dai Sumeri e passando per gli Egizi, i Greci e gli Arabi. Questi, pur non avendo altri strumenti se non la propria vista, sono giunti a risultati sorprendenti per la loro epoca come la costruzione di un calendario legato ai cicli delle stagioni e della luna. Nel XIV sec. e XV sec. si sono interessati all'universo alcuni tra i filosofi più importanti come Copernico e Bruno, ma soltanto con l'invenzione del telescopio, risalente a Galileo e con i progressi tecnologici successivi, la scienza è riuscita ad indagarlo a fondo.

Per facilitare la ricerca nel campo dell'astronomia nel 2002 è stata formata un'associazione di astrofisici chiamata IVOA (International Virtual Observatory Alliance), i quali hanno cercato di creare una raccolta di dati disponibile online, a cui è possibile accedere da tutto il mondo tramite dei software uniformi come Aladin*.

Nonostante queste innovazioni abbiano facilitato l'osservazione e il calcolo di ciò che riguarda lo spazio, la distanza tra il Sole e gli oggetti presenti nell'universo ha sempre costituito un problema, essendo infinitamente grande.

La scala delle distanze cosmiche è l'insieme dei metodi usati dagli astronomi per determinare



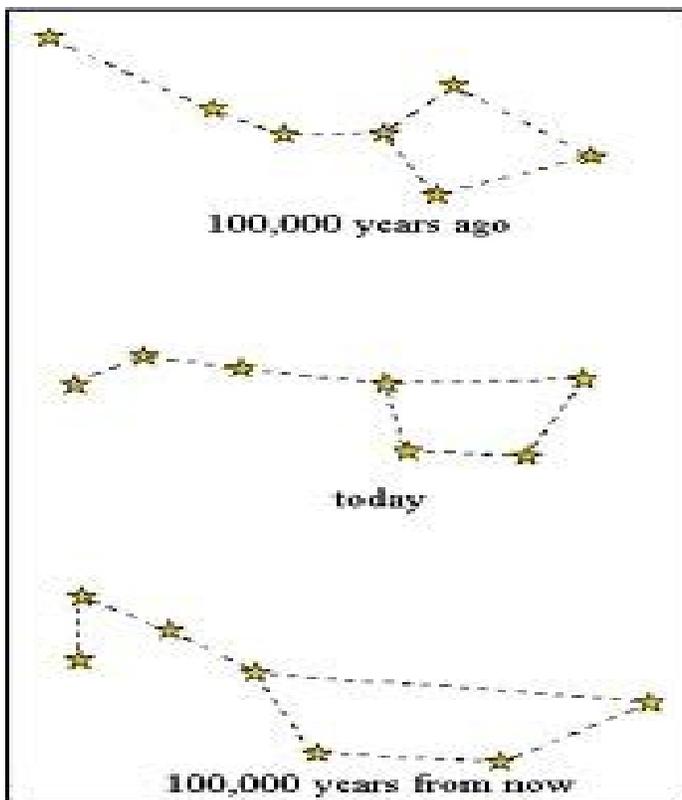
le distanze dei corpi celesti. Essendo queste enormi, la scala si basa sulla correlazione tra i metodi usati per le distanze minori e quelli usati per le distanze maggiori.

Misurare la distanza degli oggetti presenti nell'universo è piuttosto complicato; per quelli più vicini, come la Luna, si inviano segnali radio e si calcola il tempo che impiegano per ritornare sulla Terra mentre per oggetti un po' più lontani è possibile usare il metodo del parallasse il quale si basa sul fatto che la terra, ruotando intorno al Sole, in sei mesi viene a trovarsi a una distanza di circa 300 milioni di km dalla posizione di partenza; distanza che fornisce una base sufficiente per calcolare l'angolo p (angolo di parallasse). I procedimenti usati per misurare distanze maggiori sono quelli che sfruttano le

Cefeidi (stelle variabili), le Supernovae di tipo Ia e la relazione di Tully-Fisher, lo spostamento verso il rosso ecc.

La distanza e il moto

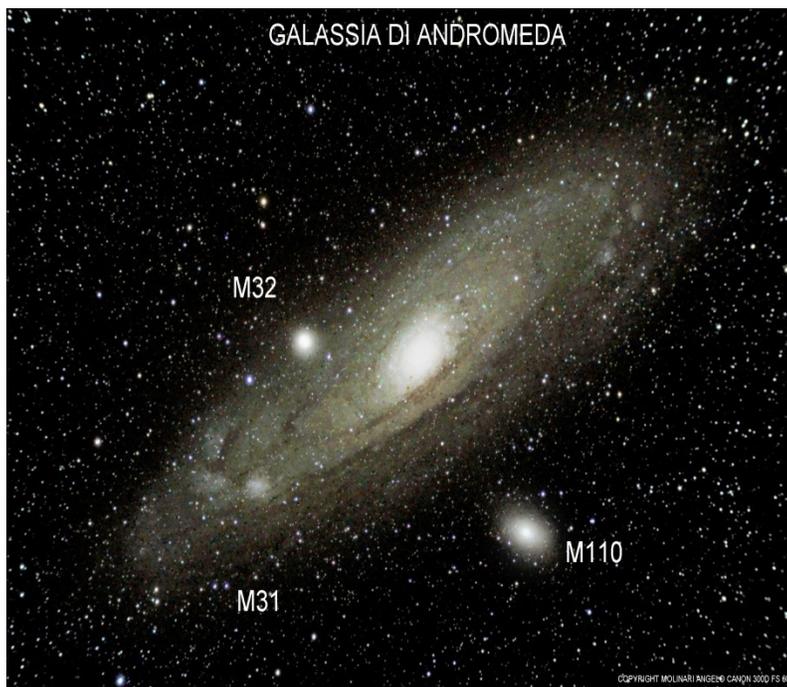
In tempi molto antichi le stelle furono chiamate “stelle fisse” infatti a prima vista sembrano essere fisse nel cielo e le costellazioni immutate nel tempo; la loro apparente staticità è dovuta alla distanza che vi è tra queste e il Sole, la quale rende impercettibile lo spostamento. Oggi però, grazie a una strumentazione adeguata, sappiamo che si muovono e tale movimento è detto “moto proprio”. Questo si distingue dal “moto apparente”, dovuto non al moto reale del corpo celeste, ma ai moti di rivoluzione della terra e all’aberrazione della luce da parte dell’atmosfera (spostamento apparente delle stelle sulla volta celeste, causato dal moto di rivoluzione della terra e dal fatto che la velocità della luce è finita). Il “moto proprio” ha come unità di misura il secondo d’arco per anno (corrisponde a $1/3600^\circ$) e deriva direttamente dal moto reale delle stelle rispetto al sole; è dovuto al moto complessivo della galassia e alla formazione della stella. Il movimento di questi corpi celesti dipende anche dalla loro posizione rispetto al sole: infatti più sono distanti più sono lenti (rimanendo costante la velocità areolare per la seconda legge di Keplero).



Attraverso questa immagine è possibile vedere il cambiamento del Grande carro in 200.000 anni, dovuto al moto proprio delle stelle, le quali si muovono in modo indipendente le une dalle altre.

La stella di Barnard

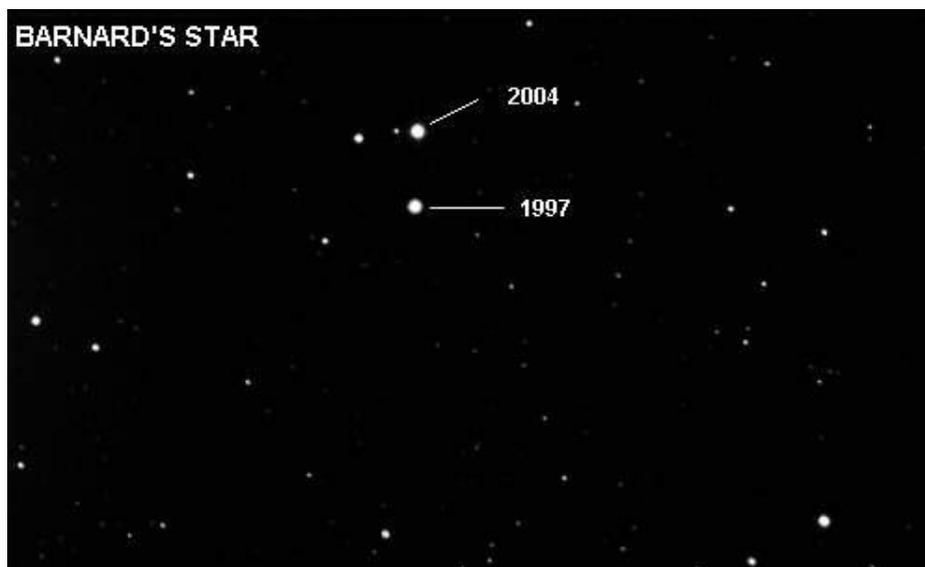
Tra tutte le stelle quella più veloce è la Stella di Barnard:



circa 90 km/s, una nana rossa (stella piccola e relativamente fredda) la quale ha 12×10^9 anni (la stella più vecchia della nostra galassia) e fa parte della costellazione di Ofiuco. Attraverso l'uso di Aladin (un software creato dall'IVOA) è possibile mettere a confronto due foto scattate nello stesso mese di anni diversi e creare un'animazione che mette in evidenza lo spostamento compiuto dalla stella. Misurando poi la distanza percorsa da questa (circa 32 arcsec) e calcolando il tempo impiegato per muoversi di tale lunghezza, si ricava la velocità in arcsec all'anno (circa 10). Per portare questa misura in km/s è necessario avere la parallasse della stella (549×10^{-3} s) attraverso la quale è possibile calcolare la distanza Sole-stella (circa

$5,61 \times 10^{13}$ km) necessaria per determinare la velocità della stella di Barnard: 90 km/s.

La distanza della Galassia di Andromeda



Fino al XX secolo la determinazione della distanza di oggetti molto lontani non aveva ancora trovato una soluzione, soltanto nel 1912 con Henriette Swan Leavitt si compì un primo passo verso un metodo efficace: lo studio delle Cefeidi. Le cefeidi sono stelle giganti gialle dette variabili in quanto pulsano continuamente gonfiandosi e sgonfiandosi così da far mutare la loro luminosità (compresa tra 1000 e

10000 volte quella del Sole).

Vengono divise in due classi: quelle di tipo I sono supergiganti gialle piuttosto giovani, quelle di tipo II hanno una massa minore e sono un po' più deboli.

La luminosità assoluta delle stelle è nota a priori in quanto dipende dalla dimensione, dalla temperatura e dalla posizione del diagramma di Hertzsprung-Russell e il mutamento di questa dipende soltanto dalla superficie stellare, non dal cambiamento della quantità di energia prodotta dalle fusioni nucleari; quella delle Cefeidi è nota in quanto legata al loro periodo di pulsazione.

Dal momento che queste stelle sono molto luminose e presenti in molte galassie, sono la candela standar perfetta (oggetto astronomico con una luminosità nota) per misurare la distanza di ammassi globulari e di galassie esterne.

Con Aladin è possibile calcolare la distanza della Galassia di Andromeda sfruttando la relazione che c'è tra periodo e luminosità: attraverso l'osservazione del periodo delle Cefeidi possiamo conoscere la loro luminosità assoluta. Confrontando poi la magnitudine assoluta e quella apparente ricaviamo la distanza di queste e quindi anche quella della galassia che le ospita.

Le galassie sono grandi insiemi di polveri, gas e stelle, distribuite in tutto lo spazio; la Galassia di Andromeda, tolte le due nubi di Magellano, è la più vicina e la più simile alla nostra ed è l'oggetto celeste più lontano che riusciamo a vedere ad occhio nudo.

Le prime osservazioni di questa risalgono al X sec, anche se fino al '900 è rimasta un mistero per gli uomini.

Il primo uomo che avanzò un'ipotesi concreta riguardo alla M31 fu il filosofo tedesco Immanuel Kant (XVI-XVII sec.), il quale propose che fosse un sistema di stelle lontanissimo, tanto che nemmeno il telescopio più potente era capace di rilevare le stelle che conteneva (il filosofo aveva ragione ma i tempi non erano ancora maturi per un'ipotesi così avanzata). Durante tutto l'800 gli strumenti si perfezionarono e nel 1880, un astronomo gallese, Isaac Roberts scoprì che la Galassia di Andromeda aveva una forma a spirale (come la nostra) e annunciò di averne osservato la rotazione.

Oggi sappiamo che è una galassia spirale gigante e che fa parte del Gruppo Locale (assieme alla Via Lattea e alla Galassia del Triangolo) di cui è la più grande. Dista dalla terra circa 2,5 milioni di anni luce e secondo alcuni studi degli anni duemila comprenderebbe circa mille miliardi di stelle.

In questa galassia sono presenti alcune Cefeidi grazie alle quali possiamo determinare la distanza che vi è tra questa e il Sole. Dal momento che conosciamo il periodo (P) della variazione di luminosità di tali stelle possiamo trovare la luminosità assoluta con la formula : $M = -1.43 - 2.81 \cdot \log(P)$.

Sapendo qual è la luminosità assoluta (M) e qual è quella relativa (m) le possiamo confrontare e calcolare il modulo di distanza (r) misurato in parsec (1 parsec= 3,26 anni luce o 31 mila miliardi di km) : $M - m = -5 + \log r$.

In questo modo arriviamo a stabilire che la distanza è circa 2.45 milioni di anni luce.

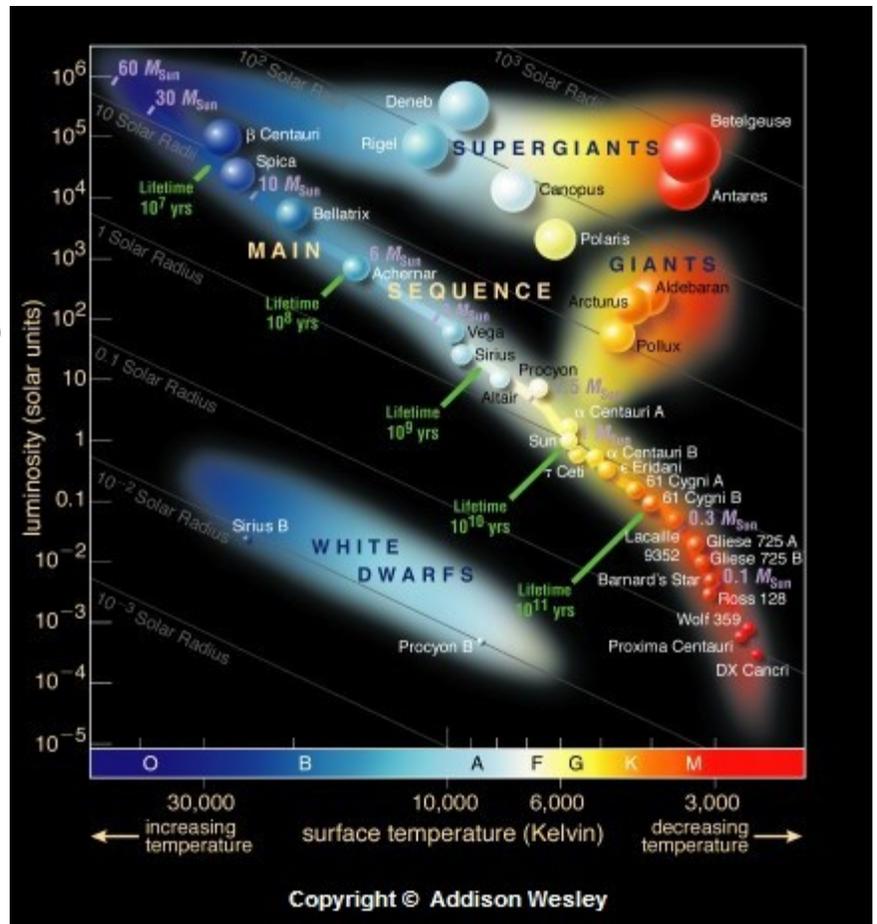
Diagramma di Hertzsprung-Russell

Ideato nel 1910, il diagramma di Hertzsprung-Russell è uno strumento teorico di cui gli astronomi si avvalgono per classificare le stelle, che mette in relazione la luminosità (magnitudine) sull'asse delle ordinate e la temperatura (insieme al colore) su quella delle ascisse.

Questo diagramma è usato per comprendere al meglio il processo evolutivo e le caratteristiche delle stelle e degli agglomerati stellari: ammassi aperti (raggruppamenti sparsi di forma irregolare, composti da stelle giovani), ammassi globulari (insieme di forma sferica con corpi celesti più vecchi) e galassie.

Le stelle tendono a posizionarsi in regioni ben distinte a seconda delle caratteristiche;

la struttura dominante, detta ramo principale, è una diagonale (dall'angolo in alto a sinistra a quello in basso a destra) in cui si trovano i corpi celesti nel loro periodo di massima luminosità; per questo motivo tendono a stare poco tempo in questa zona e una volta bruciato tutto l'idrogeno divengono giganti rosse o supergiganti e si posizionano in alto a destra iniziando a consumare l'elio. Quando è finito anche questo gas perdono gli strati più esterni e si dispongono in una zona centrale in cui vi sono anche le Cefeidi dove rimangono fino a quando non esplodono.

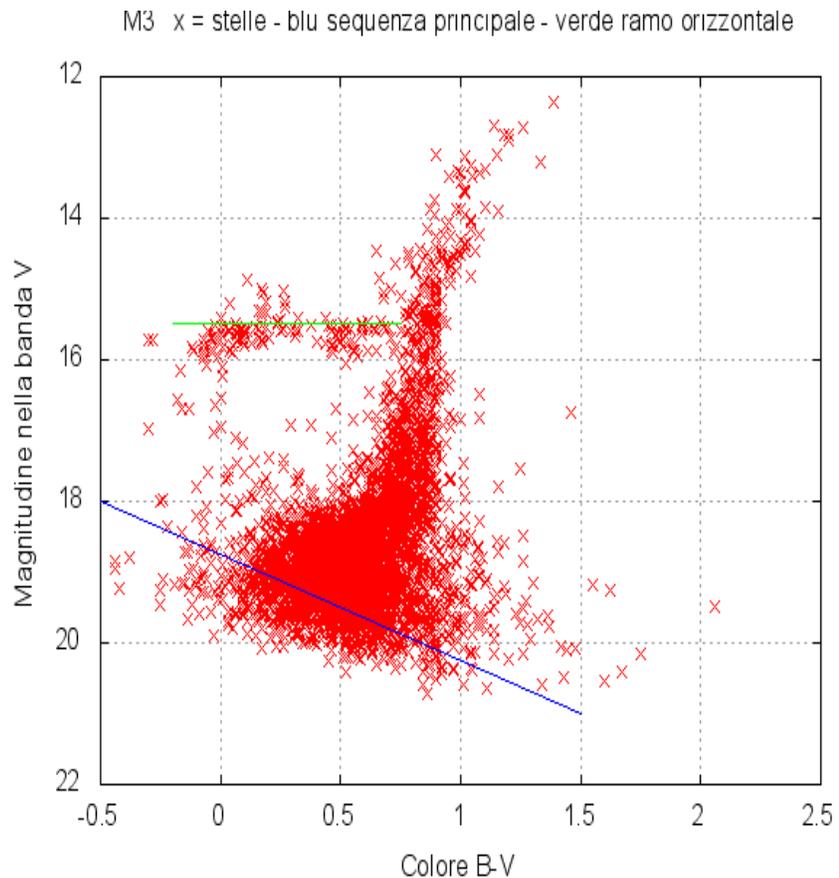


I primi studi sulla luminosità vennero già fatti nel II sec. a.C. da Ipparco e nel 150 a.C. da Tolomeo, i quali suddivisero le stelle in sei classi chiamate magnitudini tra le quali quella con il numero minore è quella che brilla di più. La magnitudine apparente, che noi cogliamo osservando il cielo, non coincide con quella assoluta in quanto dipende dalla distanza: le stelle che a noi sembrano più deboli per la loro lontananza potrebbero essere più luminose rispetto a quelle che a prima vista sembrano avere una magnitudine maggiore perchè vicine. Per ricavare la magnitudine assoluta occorre conoscere la distanza di quel corpo celeste e la sua magnitudine apparente: $M-m = 5 - 5 \cdot \log(d)$

Il sole dunque, che a prima vista appare la stella più luminosa, ha una magnitudine assoluta maggiore a molte stelle (Sirio e α Centauri).

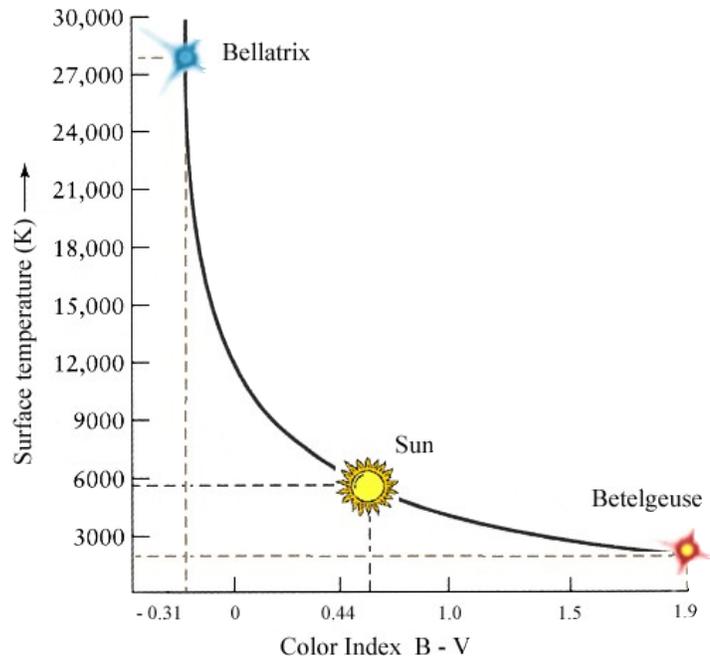
Per creare un diagramma di HR con Aladin, la prima cosa da fare è quella di scegliere un catalogo: è vantaggioso usare un ammasso globulare (in questo caso è stato usato l'ammasso M3) poiché possiamo usare la magnitudine apparente (già nota) piuttosto che quella assoluta (che deve essere ricavata).

Le stelle di un ammasso infatti si trovano tutte alla stessa distanza da noi e sono nate tutte nello stesso istante; per questo motivo hanno la stessa età e la stessa composizione chimica iniziale quindi la differenza di luminosità dipende soltanto dalla massa delle singole stelle. Una volta scelto un catalogo con misure di magnitudini in bande diverse è stato riportato in grafico la magnitudine nella banda visuale (V) in funzione della differenza delle magnitudini in bande diverse (Blu-V). L'indice di colore è un concetto molto importante perchè calcolando le magnitudini in due diversi filtri (in questo caso B e V), possiamo calcolare la differenza che rappresenta il colore. Attraverso la legge di Planck si può dimostrare che il colore di una stella è una funzione della temperatura.



Attraverso la legge di Planck si può dimostrare che il colore di una stella è una funzione della temperatura.

Sebbene a prima vista le stelle appaiano tutte bianche, in realtà hanno tonalità diverse di colore. Il motivo però rimase un mistero fino a due secoli fa, fu la fisica della radiazione di corpo nero (un oggetto teorico che assorbe tutta la luce senza rifletterla) a permetterci di capire le variazioni dei colori delle stelle. Gli spettri (insieme di onde elettromagnetiche di diverse componenti cromatiche) delle stelle sono molto simili alle curve di radiazione di corpo nero a diverse temperature, pertanto è emerso che questi corpi celesti sono simili a corpi neri e che la loro variazione di colore è una conseguenza diretta delle loro temperature superficiali. Le stelle fredde emettono la maggior parte della propria energia nella zona rossa dello spettro elettromagnetico e per questo ci appaiono rosse, mentre le stelle calde emettono lunghezze d'onda blu e ultraviolette, aparendoci bianche o azzurre.



*Aladin è un atlante stellare sviluppato dal Centre de Données astronomiques di Strasbourg.

Questo programma sfrutta i database e i servizi del CDS (database SIMBAD, cataloghi VizieR, ecc.), ed è progettato per essere utilizzato dagli astronomi, dagli studenti e dalla gente comune. Permette inoltre di visualizzare immagini astronomiche digitalizzate di qualsiasi parte del cielo, di associare i dati delle tabelle e dei cataloghi astronomici del CDS e di accedere in modo interattivo alle informazioni e ai dati correlati dagli archivi.

Bibliografia

http://online.scuola.zanichelli.it/amaldi-files/Cap_3/Parallasse_Cap3_Par6_Amaldi-2.pdf
http://www.skylive.it/Skylive_Scheda_Stella.aspx?Nome=StelladiBarnard#.UW6nOdcVbGs
<http://planet.racine.ra.it/testi/andromeda.htm>
<http://www.astroala.it/didattica/stelle/hr.htm>