

# A caccia di .....stelle

“Piano Nazionale Lauree scientifiche” Anno scol. 2012-2013

Anche quest'anno la nostra Scuola ha aderito al progetto P.N. Lauree Scientifiche. Tra i laboratori proposti dal Dipartimento di Fisica dell'Università del Salento abbiamo scelto : Spettroscopia applicata all'astrofisica.

Gli alunni selezionati hanno seguito un corso con lezioni teoriche ed attività laboratoriali tenutosi presso il succitato Dipartimento e al termine hanno relazionato sul tema. Essi sono stati seguiti dai proff. Raffaele Setola e Federico Guarini. Tutor del progetto Federico Guarini.

Segue una sintesi della presentazione effettuata il 17 aprile 2013 dai nostri alunni insieme agli alunni del Liceo Scientifico “ Cosimo De Giorgi” di Lecce nella giornata conclusiva, nella quale tutti i gruppi che hanno partecipato al progetto hanno presentato i loro lavori.

Presentazione a cura degli studenti del Liceo Scientifico "Epifanio Ferdinando" di  
Mesagne e del Liceo Scientifico "Cosimo De Giorgi" di Lecce

# SPETTROSCOPIA APPLICATA ALL'ASTROFISICA

Piano Nazionale Lauree  
Scientifiche 2013

Università del Salento

# CONOSCENZE ACQUISITE:

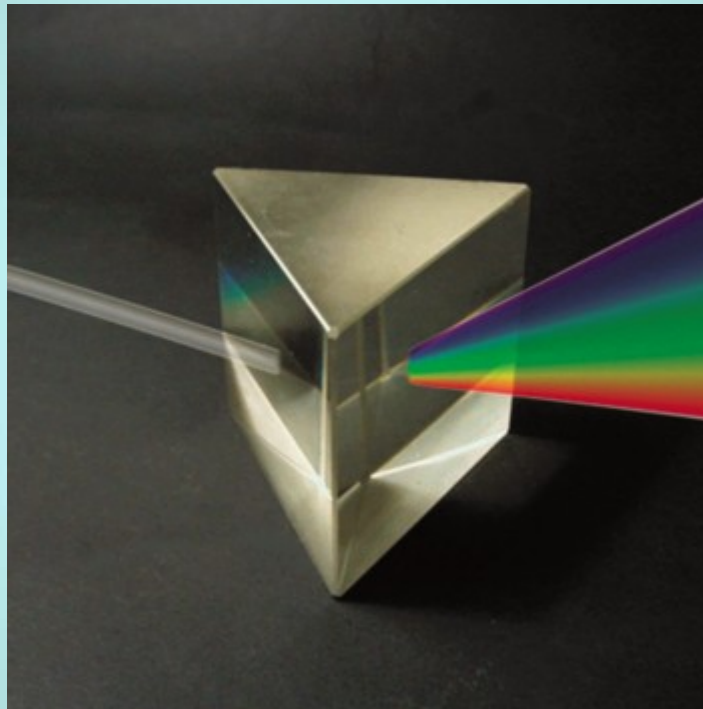
1. Luce e spettrometria;
2. La spettrometria applicata all'astrofisica;
3. Studio e classificazione dello spettro di una stella;
4. Studio delle caratteristiche di una stella mediante l'analisi di uno spettro.

# LA LUCE, FONTE DI INFORMAZIONI

La luce è energia (energia luminosa o energia radiante) che si propaga per onde elettromagnetiche **e che interagisce con la materia sotto forma di quantità discrete (fotoni)**. Sia i fotoni che le particelle, come **gli elettroni**, mostrano una duplice natura, sia corpuscolare sia ondulatoria (dualismo onda-corpuscolo).

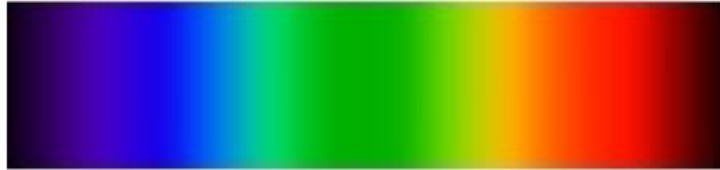
Attraverso la luce è possibile definire le caratteristiche di una stella. Molte informazioni circa una sorgente luminosa si ottengono dal cosiddetto “spettro della luce” che ricaviamo mediante strumenti di misura come **gli spettrofotometri**.

A differenza di come appare la luce bianca è policromatica, poiché è costituita dalla sovrapposizione di più colori. Un corpo bianco riflette perciò tutte le radiazioni luminose.



# GLI SPETTRI

## SPETTRO CONTINUO



Si ottiene quando tra il corpo incandescente e il reticolo non vi è alcun ostacolo. E' detto continuo perché presenta tutti i colori.

## SPETTRO DI ASSORBIMENTO



Si ottiene quando tra il corpo incandescente e il reticolo vi è un gas freddo. Le righe nere rappresentano l'energia assorbita.

## SPETTRO DI EMISSIONE

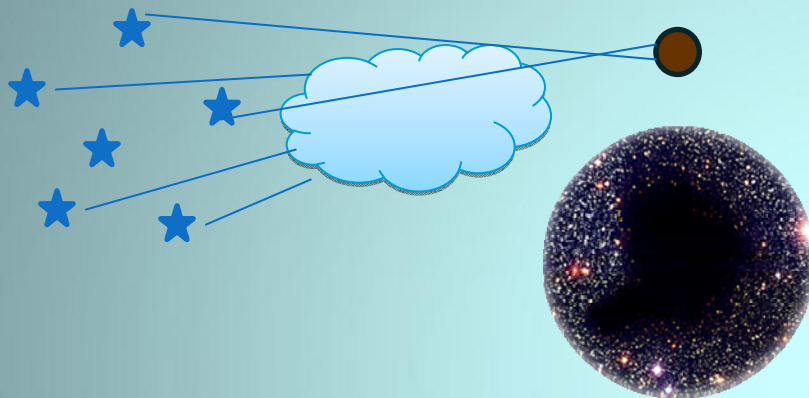


Si ottiene quando **il corpo che emette è un gas diluito caldo**. Le righe colorate **rappresentano l'energia emessa**.

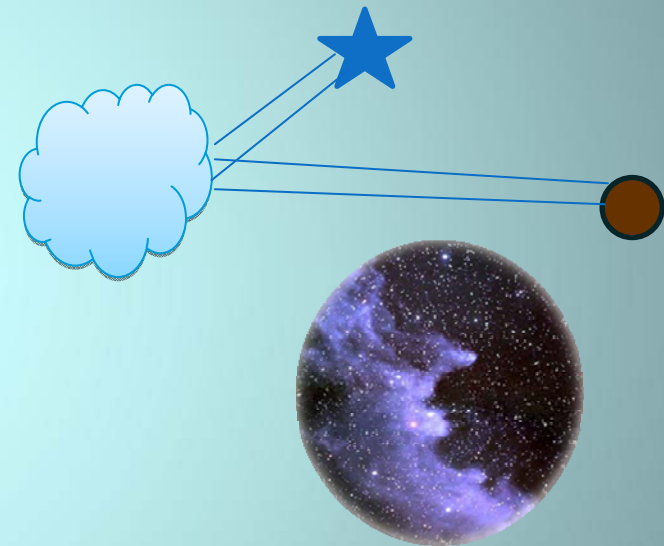
# LE NEBULOSE

Oltre alle stelle nella Galassia sono presenti nubi di gas e polvere dette nebulose.

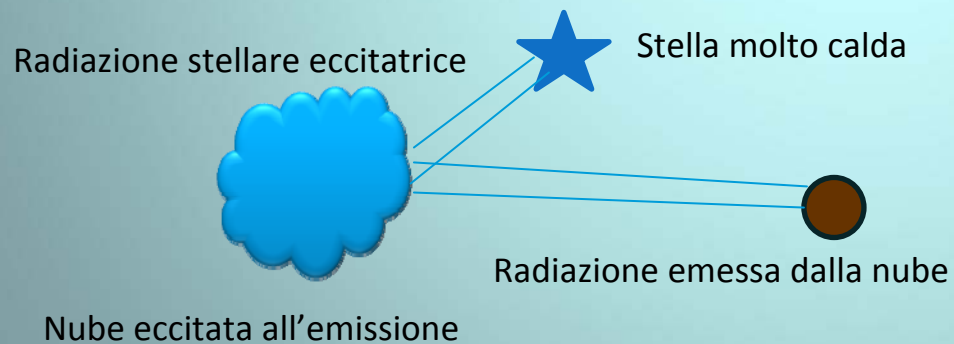
**a** Nebulose oscure  
(Spettro in assorbimento)



**b** Nebulose in riflessione  
(Spettro simile a quello delle stelle che le illuminano)



**c** Nebulose in emissione  
(Spettro a righe)



Nube eccitata all'emissione

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Barnard\\_68.jpg/250px-Barnard\\_68.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/10/Barnard_68.jpg/250px-Barnard_68.jpg)

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/tr/thumb/1/11/lc410\\_crop\\_1.jpg/250px-lc410\\_crop\\_1.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/tr/thumb/1/11/lc410_crop_1.jpg/250px-lc410_crop_1.jpg)

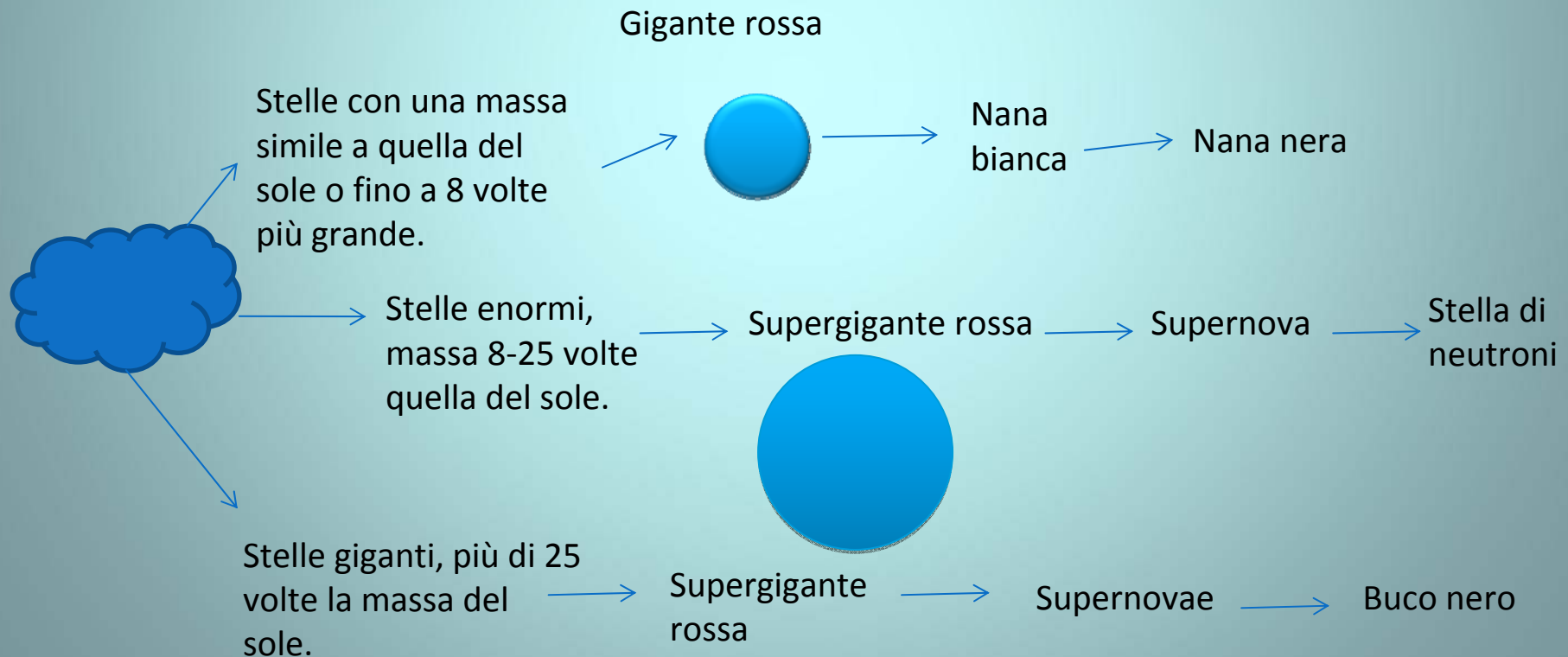
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/Reflection\\_nebula\\_arp.750pix.jpg/330px-Reflection\\_nebula\\_arp.750pix.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/32/Reflection_nebula_arp.750pix.jpg/330px-Reflection_nebula_arp.750pix.jpg)



# LA NASCITA DELLE STELLE

Dalle nubi si creano addensamenti di materia che attraggono materia circostante. Quando la densità centrale del gas aumenta, anche la temperatura aumenta fino a 5/6 milioni di gradi. Grazie alle reazioni termonucleari che producono energia, nasce una stella.

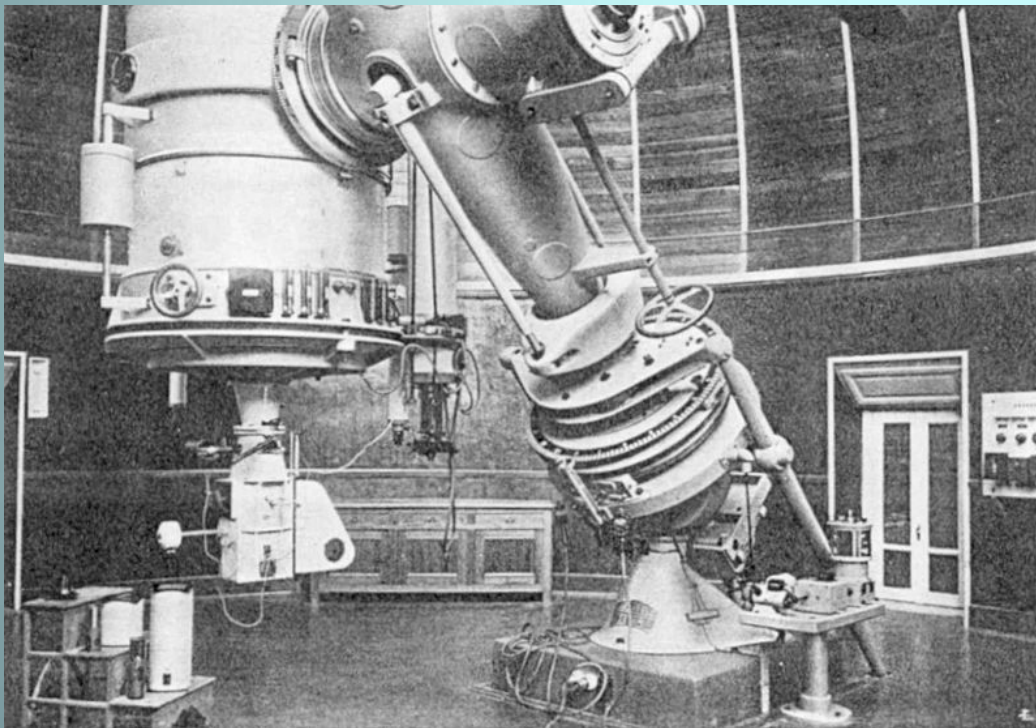
## Evoluzione di una stella:





# Analisi e classificazione dello spettro degli astri

Gli astronomi, per studiare e per distinguere un tipo di stella da un altro, utilizzano uno strumento chiamato *Spettrografo*



Telescopio Zeiss di 1 metro di apertura dell'Osservatorio Astronomico di Merate, con lo spettrografo Zeiss montato al fuoco Cassegrain.

Mediante l'uso di uno spettroscopio è possibile ricavare lo spettro di una stella o più in generale di una sorgente luminosa.

Lo spettro è costituito da un fondo continuo solcato da righe oscure, il cui numero, posizione e intensità possono variare da stella a stella. Lo Spettro continuo è emesso dal globo stellare, costituito da gas a pressioni elevatissime. Quello d'assorbimento è invece dovuto all'atmosfera stellare costituita di gas molto rarefatti.

Gli spettri stellari sono classificati, a scopo di studio, in varie *classi* (o *tipi*) *spettrali*. Sono l'intensità delle righe e il colore dominante nel fondo continuo degli spettri a determinarne la classe.

Il corpo nero è un oggetto ideale che assorbe tutta la radiazione elettromagnetica incidente e quindi non riflette né trasmette energia.

La luce emessa da un corpo nero viene detta radiazione del corpo nero e la densità di energia irradiata è detta spettro di corpo nero.

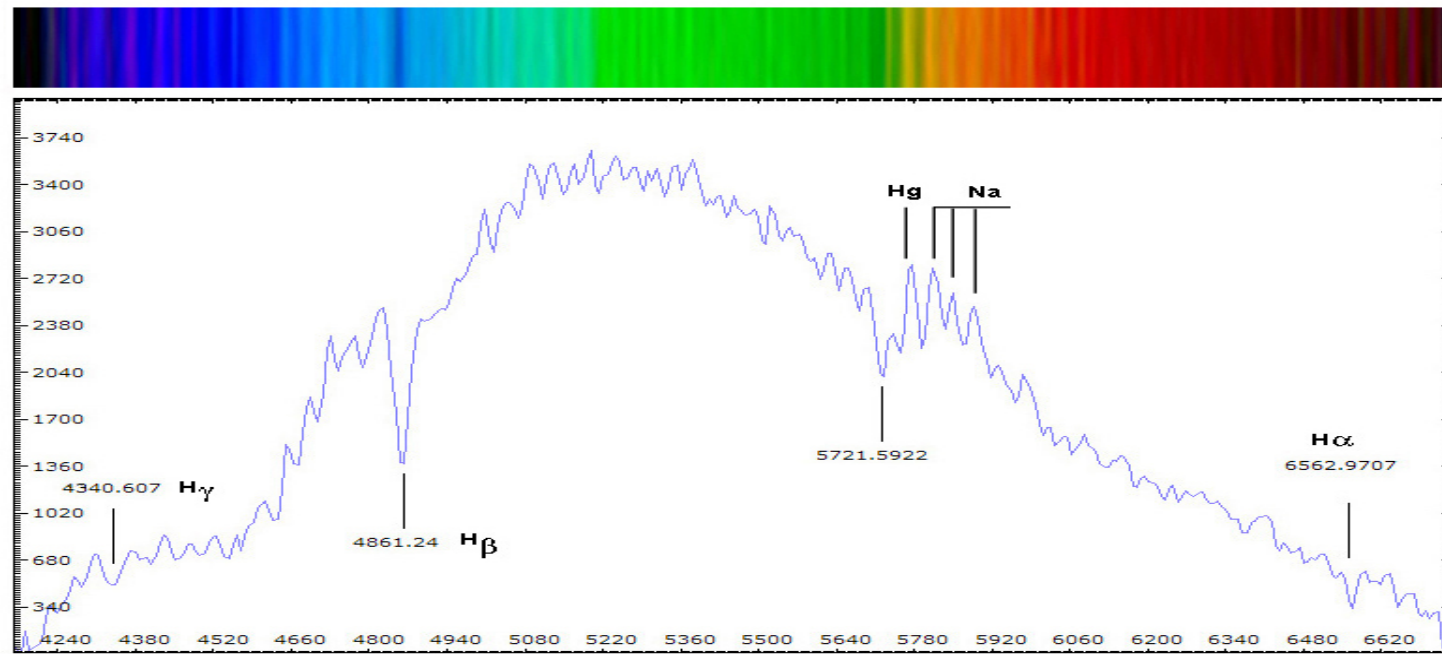
La differenza tra lo spettro di un oggetto e quello di un corpo nero ideale permette di individuare la composizione chimica di tale oggetto.

# SIRIO

Spettro calibrato ottenuto con Star Analyzer e MTO a f/7.3

Classe A1V

Elaborazione V Spec



Osservando ed analizzando con precisione uno spettro si può determinare in prima approssimazione a quale classe esso appartenga grazie alla legge di Wien:

$$\lambda_{\max} T \cong 0.29 \text{ cm K}$$

Per determinare la classe di uno spettro è importante conoscere caratteristiche spettrali come la temperatura, la luminosità assoluta, la composizione chimica.

Le seguenti lettere corrispondono a diverse classi spettrali:

**O B A F G K M**

Ogni tipo è suddiviso in dieci sottotipi (escluso il primo), numerati da 0 a 9

## Stelle di tipo F

- T=7500K
- Righe di idrogeno si indeboliscono, CaII più intenso
- I metalli neutri hanno la stessa intensità di quelli ionizzati
- Es.  **$\alpha$  CMi (Procione)**

## Stelle di tipo G

- T=6000K
- CaII molto intenso
- Metalli neutri
- Es. Sole  
 **$\alpha$  Aur (Capella)**

## Stelle di tipo M

- T=3600K
- Idrogeno scompare, CaI al massimo, bande molecolari del TiO
- Es  **$\alpha$  Ori (Betelgeuse)**

## Stelle di tipo K

- T=5000K
- Idrogeno sempre più debole e metalli neutri intensi, appaiono bande molecolari
- Es.  **$\alpha$  Boo (Arturo)**

Le stelle sono suddivise in base anche alla classe di luminosità;  
sono 5 le classi:

- Supergiganti
- Giganti luminose
- Giganti
- Subgiganti
- Nane



# **Esempio di classificazione Stellare**

# APPLICAZIONE PRATICA

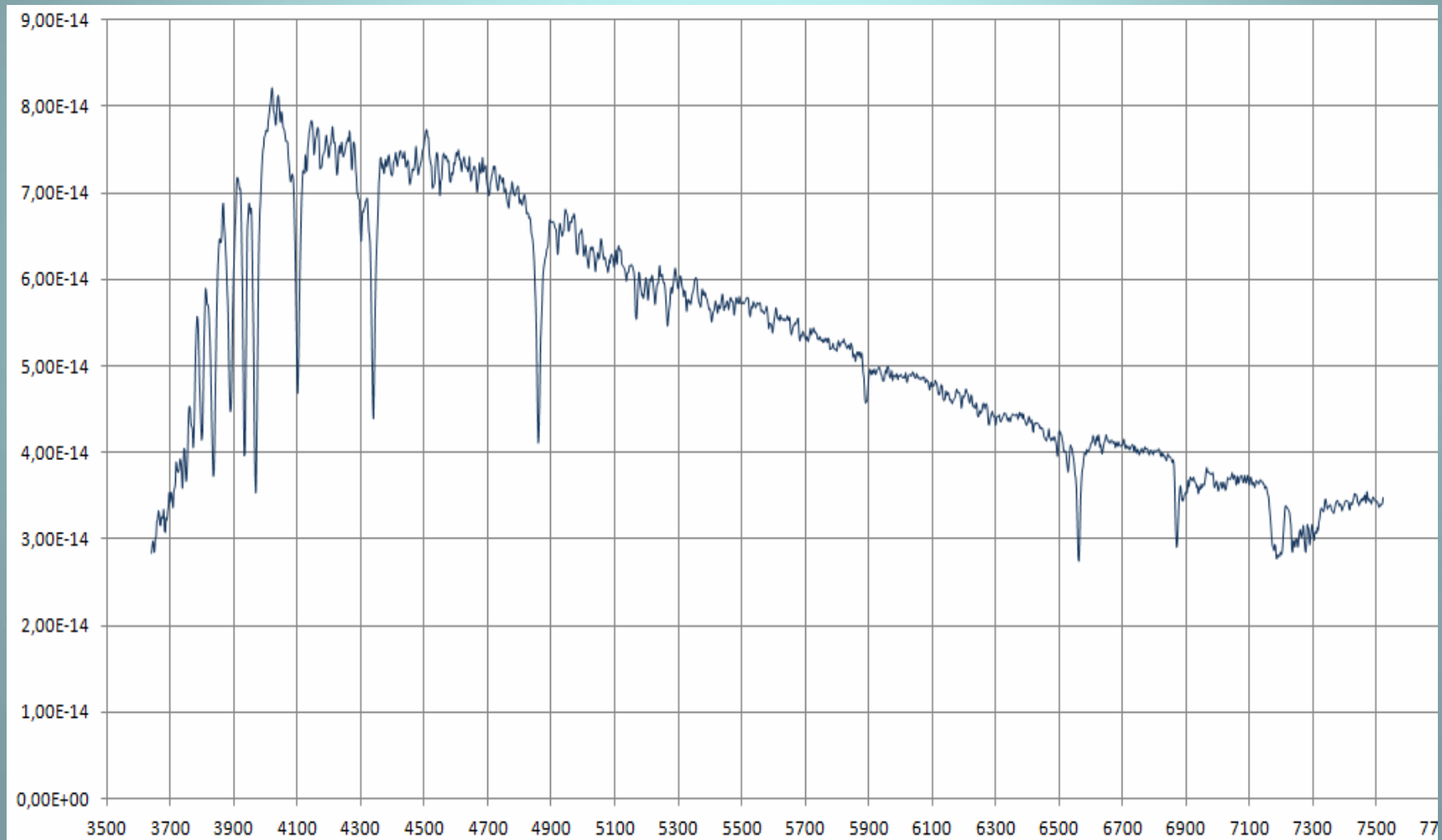
Ad ogni gruppo è stato assegnato il materiale necessario per lo studio dello spettro di una stella da cui ricavare le sue caratteristiche fisiche.

Spettro in striscia della Stella HD 331078



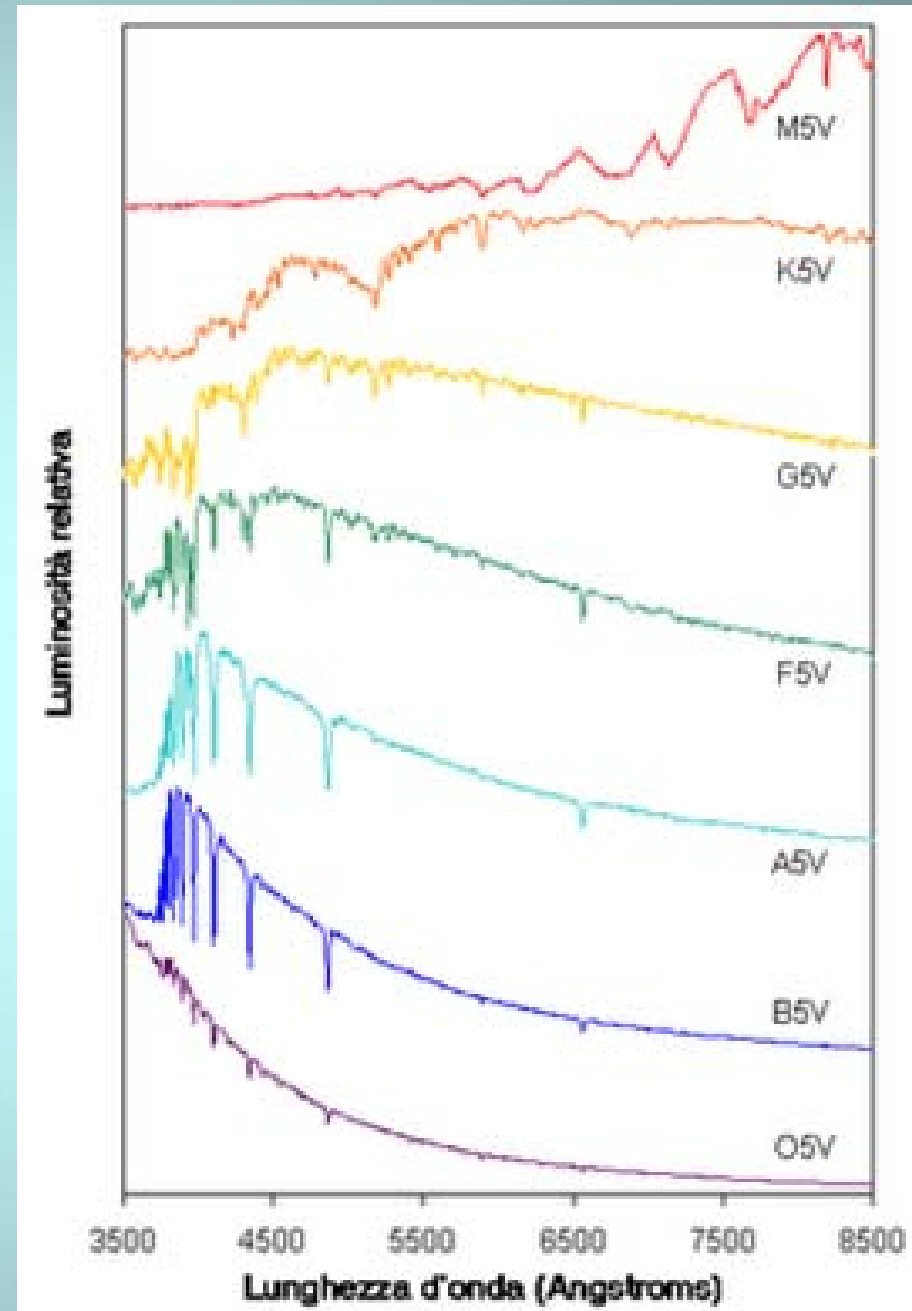
# SPETTRO DELLA STELLA HD 331078

Dal materiale fornitoci abbiamo ottenuto il grafico dello spettro da cui abbiamo ricavato le caratteristiche chimico-fisiche principale della stella, presa in esame.



## PRIMA OSSERVAZIONE

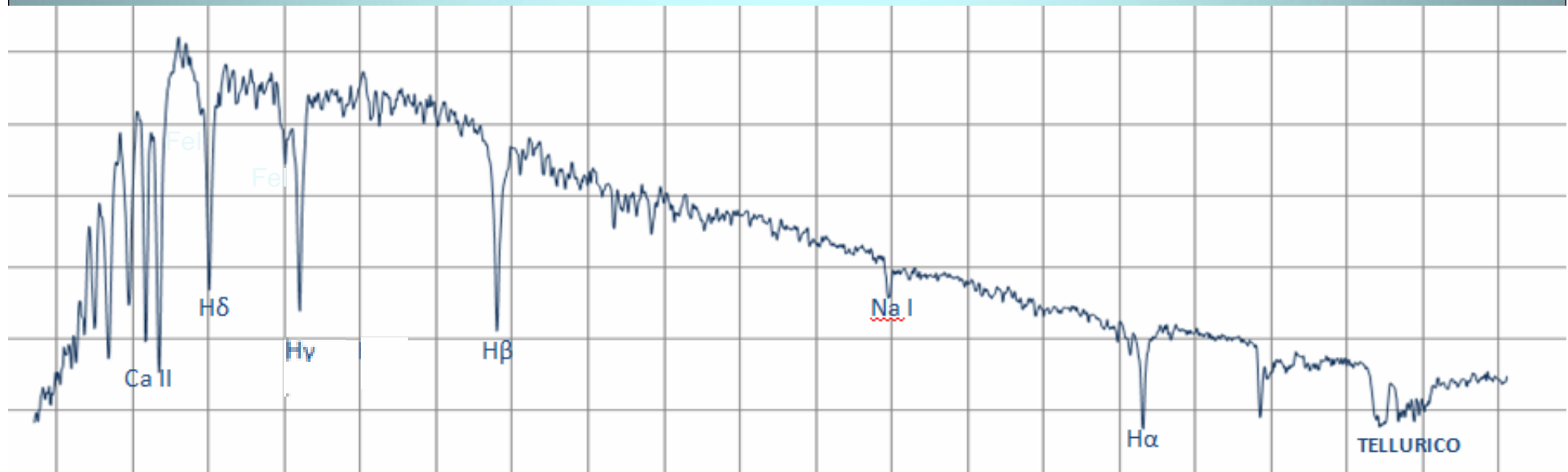
Ad una prima analisi, comparando l'andamento della curva dello spettro con degli spettri campione, si intuisce subito che la stella in analisi non fa parte delle classi O, B, G, K, M, mancando le caratteristiche principali di tali classi e avendo il picco intorno a 4000Å.



## ELEMENTI CHIMICI CARATTERISTICI

Osserviamo le righe di assorbimento e notiamo che ad essere più marcate sono quelle :

- Del doppietto del calcio Ca II (3933Å, 3968Å), ben visibili nelle classi A, F e G;
- Della serie di Balmer, ovvero le righe dell'idrogeno visibili negli spettri delle classi A e F.
- Appena accennata le righe del ferro ionizzato una volta Fe I, che è caratteristica della classe F. Quindi deduciamo che la stella appartiene alla classe spettrale **F**.



## SOTTOCLASSE SPETTRALE

Per poter determinare la sottoclasse spettrale , abbiamo calcolato le principali grandezza fisiche della stella in base ai dati fornitici dallo spettro. Le grandezze calcolate sono risultate conformi alla sottoclasse **F2** del modello di riferimento.

Dati della stella

<u>TEMPERATURA</u>	7210 K
<u>DISTANZA</u>	6250 pc
<u>MAGNITUDINE ASSOLUTA</u>	- 3,9
<u>MAGNITUDINE VISUALE</u>	10,1
<u>LUMINOSITA'</u>	$2,85 \times 10^3$
<u>RAGGIO</u>	34,19
<u>VOLUME</u>	$4,00 \times 10^4$
MASSA	11
DENSITA'	$4,87 \times 10^2$

Modello di riferimento

Sp. Type	Iab		III		V	
	T	$M_v$	T	$M_v$	T	$M_v$
F0	7700	-6.6	7150	+1.5	7200	+2.7
F2	7350	-6.6	6870	+1.7	6890	+3.5

# TEMPERATURA

Conoscendo il valore massimo dell'intensità di emissione in funzione della lunghezza d'onda siamo in grado di calcolare la temperatura della stella (in °K).

LEGGE DI WIEN:  $T = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{\lambda_p}$

quindi:  $T = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{401,9 \times 10^{-9}} = 7210$



# DISTANZA

Il procedimento più semplice per determinare la distanza di una stella sfrutta un particolare effetto, noto come *effetto di parallasse*, causato dal moto di rivoluzione della Terra.

$$\text{Distanza}(pc) = \frac{1}{\text{parallasse}(\text{arcsen})} = 6250pc$$

# MAGNITUDINE VISUALE E ASSOLUTA

La luminosità delle stelle viene in genere espressa mediante la magnitudine, una grandezza che permette di confrontare la luminosità di una stella con quella delle altre, stabilendo una scala di grandezza relativa. Per ogni astro si possono stabilire una magnitudine apparente ed una assoluta.

$$M_v = m_v - 5 \log_{10} \frac{D_{pc}}{10} + 5$$

da cui:

$$M_v = 10,1 - 5 \log_{10} (6250) + 5 = - 3.9$$

# LUMINOSITA' (in unità solari)

La luminosità di una stella dipende dalla quantità di energia emessa dalla stessa nell'unità di tempo e dipende dalla magnitudine assoluta della stella (in unità solari).

$$\frac{L}{L_S} = 10^{(M_S - M_V)/2.5}$$

da cui:  $\frac{L}{L_S} = 10^{(4.74 + 3.9)/2.5} = 2.85 \times 10^3$

## RAGGIO (in unità solari)

$$\frac{r}{r_s} = \left(\frac{T_0}{T}\right)^2 \times \sqrt{\frac{L}{L_s}}$$

da cui:

$$\frac{r}{r_s} = \left(\frac{5770}{7210}\right)^2 \times \sqrt{2.85 \times 10^3} = 34.19$$

# VOLUME

$$\frac{4}{3} \pi r^3$$

da cui:

$$\frac{4}{3} \pi 3.83 \times 10^{10} = 1.780 \times 10^{42} \text{ m}^3$$

# MASSA E DENSITA' (in unità solari)

Massa = 11

$$\text{Densità} = \frac{M}{\frac{4}{3}\pi R^3}$$

da cui:

$$\frac{11}{\frac{4}{3}\pi 2.38 \times 10^{10}} = 4,87 \times 10^2$$

Nel caso della stella HD 331061 abbiamo analizzato più in dettaglio lo spettro al fine di ottenere anche la classificazione per classe di luminosità

HD 331061



Le cui coordinate (al 2000) sono 19 40 17.3402 +33 54 15.388



## Supposta classe di luminosità I:

Temperatura.  $T = 8150 \text{ K}$

Magnitudine assoluta.  $M_v = -6,6$

Massa. 13 masse solari =  $2,59 \cdot 10^{31} \text{ kg}$

Sono note le caratteristiche del Sole:

- Luminosità.  $L_{\odot} = 3,827 \cdot 10^{26} \text{ W}$

- Magnitudine.  $M_{\odot} = +4,74$

Nonché la costante:

- $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$

$$L = 10^{(M_{\odot} - M_v)/2,5} \cdot L_{\odot} = 1,31 \cdot 10^{31} \text{ W}$$

$$r = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T^4}} = 6,47 \cdot 10^{10} \text{ m}$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 1,13 \cdot 10^{33} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = 2,29 \cdot 10^{-2} \text{ kg/m}^3$$

## Supposta classe di luminosità III:

Temperatura.  $T = 8100 \text{ K}$

Magnitudine assoluta.  $M_v = +0,7$

Massa. 7,5 masse solari =  $1,49 \cdot 10^{31} \text{ kg}$

Sono note le caratteristiche del Sole:

- Luminosità.  $L_{\odot} = 3,827 \cdot 10^{26} \text{ W}$

- Magnitudine.  $M_{\odot} = +4,74$

Nonché la costante:

- $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$

$$L = 10^{(M_{\odot} - M_v)/2,5} \cdot L_{\odot} = 1,52 \cdot 10^{28} \text{ W}$$

$$r = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T^4}} = 2,22 \cdot 10^{10} \text{ m}$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 4,54 \cdot 10^{31} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = 3,28 \cdot 10^{-1} \text{ kg/m}^3$$

## Supposta classe di luminosità V:

Temperatura.  $T = 8200 \text{ K}$

Magnitudine assoluta.  $M_V = +1,9$

Massa. 2,0 masse solari =  $3,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

Sono note le caratteristiche del Sole:

- Luminosità.  $L_{\odot} = 3,827 \cdot 10^{26} \text{ W}$

- Magnitudine.  $M_{\odot} = +4,74$

Nonché la costante:

- $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$

$$L = 10^{(M_{\odot} - M_V)/2,5} \cdot L_{\odot} = 5,23 \cdot 10^{27} \text{ W}$$

$$r = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T^4}} = 1,27 \cdot 10^9 \text{ m}$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 8,58 \cdot 10^{27} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = 4,6 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$$



## First science light of LISA

(Long slit Intermediate resolution Spectrograph for Astronomy)



Universita' del Salento  
Dipartimento di Fisica  
Gruppo di Astrofisica

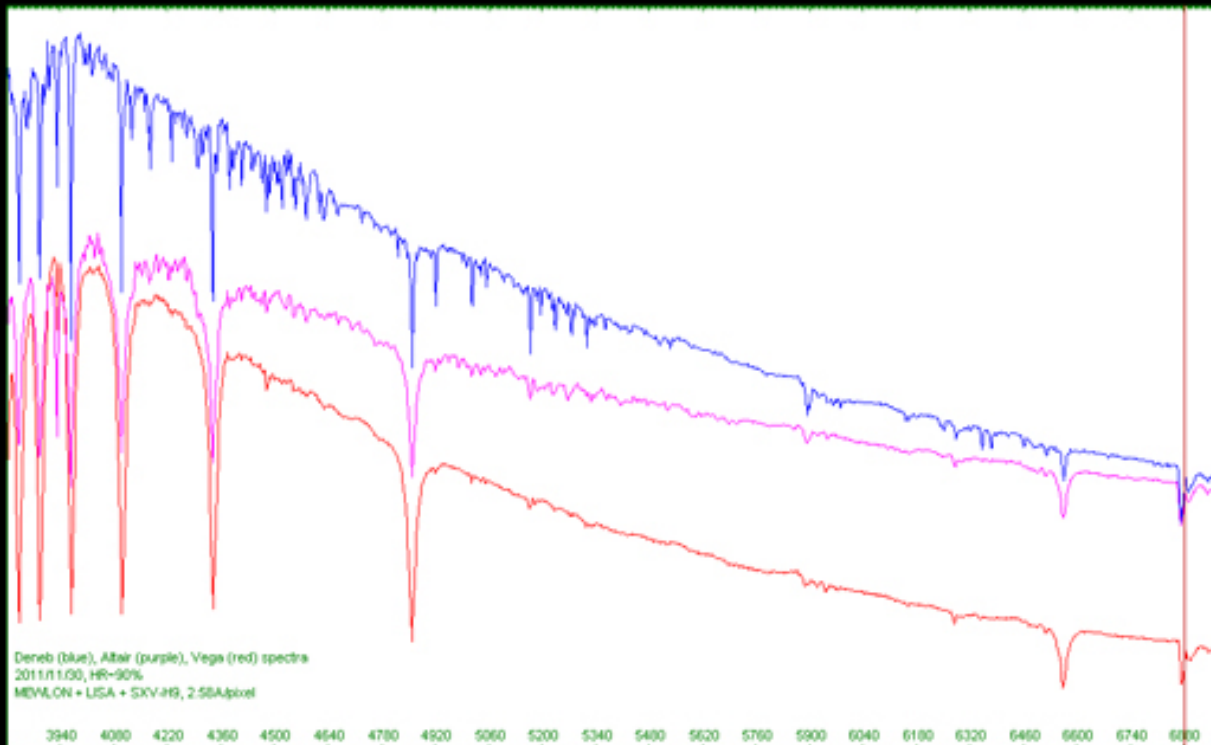
DENEUB (A2Ia)



VEGA (A0V)



ALTAIR (A7V)



Deneb (blue), Altair (purple), Vega (red) spectra  
2011/11/00, HR-90%  
MEVILON + LISA + SXV-HB, 2.58Å/pixel

Capiamo qualitativamente, confrontando le righe spettrali, che si tratta di una stella di classe di luminosità III: più è grande e rarefatta la stella, più le righe di assorbimento sono strette.

Essendo la stella di classe di luminosità III, adottiamo i risultati ottenuti per compiere un'analisi completa e approfondita ma più settoriale, in quanto concentrata su una sola classe.

La stella è quindi una **A5III**.

$$L = 10^{(M_{\odot} - M_v)/2.5} \cdot L_{\odot} = 1,52 \cdot 10^{28} \text{ W}$$

$$r = \sqrt{\frac{L}{4\pi\sigma T^4}} = 2,22 \cdot 10^{10} \text{ m}$$

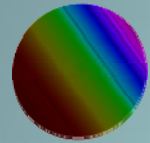
$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 = 4,54 \cdot 10^{31} \text{ m}^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} = 3,28 \cdot 10^{-1} \text{ kg/m}^3$$

Temperatura.  $T = 8100 \text{ K}$

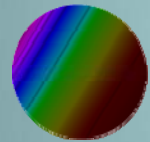
Magnitudine assoluta.  $M_v = +0,7$

Massa. 7,5 masse solari =  $1,49 \cdot 10^{31} \text{ kg}$



## Bibliografia

- L'analisi della luce degli astri: fotometria e spettrometria - Vincenzo Orofino
  - Gli oggetti dell'analisi spettrale: le stelle e la loro evoluzione Vincenzo Orofino
  - Analisi e classificazione dello spettro degli astri – Presentazione ppt di Domenico Licchelli – Progetto Polaris
- 1) A library of stellar spectra – George H. Jacoby, Deidre A. Hunter, Carol A. Christian



A conclusione di questo percorso ringraziamo  
per la loro professionalità e disponibilità i  
professori:

VINCENZO OROFINO  
DOMENICO LICCHELLI



## Presentazione a cura di:

Sabato Andrea Pierpaolo  
Smedile Francesco  
Briganti Maria Chiara  
Musco Francesco  
Carrieri Serena  
Pellegrino Sara



Poci Maria Alba  
Daria Ricci  
Mancarella Matteo  
Milanese Stefania  
Dell'Anna Giorgia  
Zappatore Matteo  
Francesco Merenda  
Federico Dell'Anna  
Lorenzo Manca

## con il supporto dei docenti:

Setola Raffaele  
Guarini Federico  
Martino Anna Rita



**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE**