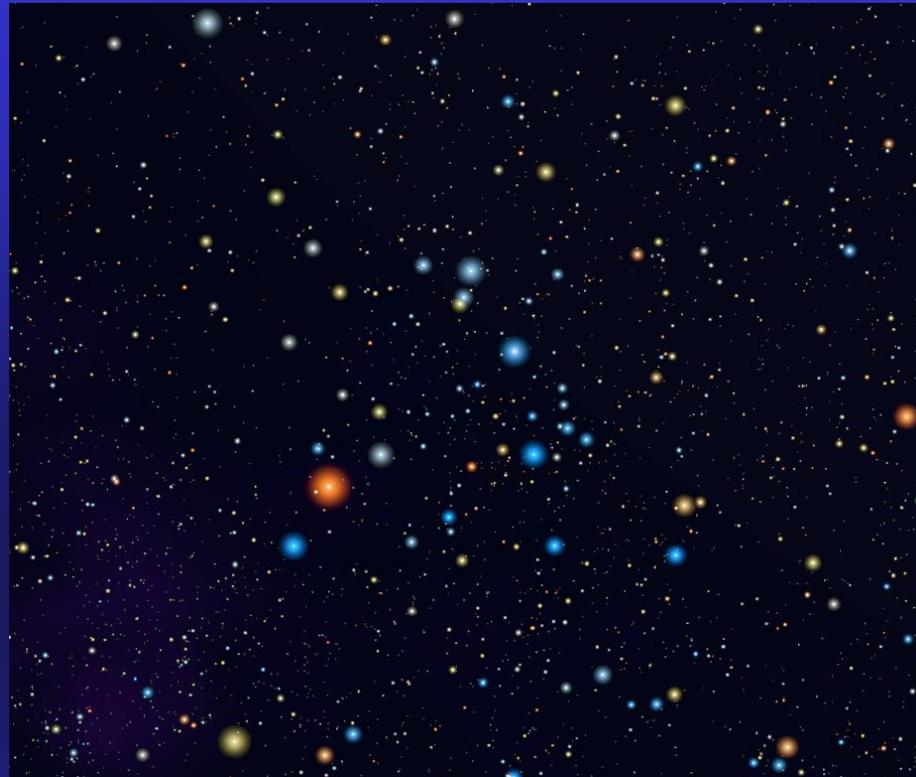


# Università "Primo Levi"



20 Aprile 2018

**Le Stelle**

Bedogni Roberto INAF Osservatorio Astronomico di Bologna

<http://davide2.bo.astro.it/~bedogni/primolevi/>

email: [roberto.bedogni@oabo.inaf.it](mailto:roberto.bedogni@oabo.inaf.it) oppure

[robob5206@gmail.com](mailto:robob5206@gmail.com)

# Cosa sono le stelle ?



Le stelle sono sfere autogravitanti di gas ionizzato ad alta temperatura, che emettono energia.

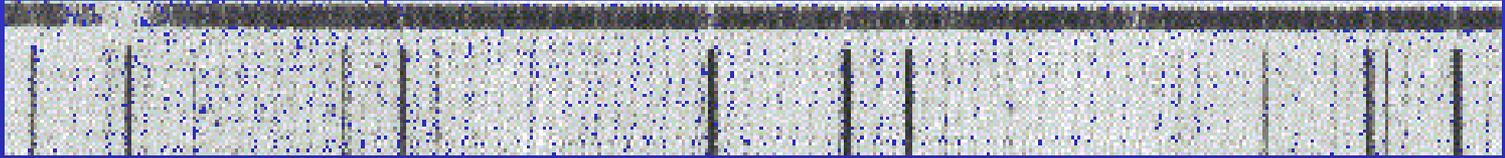
La fonte di questa energia risiede nelle **reazioni nucleari**, che avvengono nella regione centrale, detta **nucleo**: la più comune e longeva è la fusione di idrogeno in elio, ed in seguito altri elementi più pesanti.

Le stelle sono quindi fucine termonucleari autoregolate.

Almeno nella stragrande maggioranza dei casi sono stabili. In qualche caso i meccanismi però non si rivelano sufficienti a mantenere la stabilità e si verificano eventi transienti oppure esplosioni.

Le stelle: proprietà fisiche

# Parametri fisici- la composizione chimica delle stelle



## Elementi (misura diretta)

La composizione chimica di una stella si ricava dalle misure spettroscopiche ed è riferita alla fotosfera stellare

## Idrogeno ed Elio

Gli spettri delle atmosfere stellari, solitamente con righe di assorbimento, mostrano che gli elementi di gran lunga più abbondanti sono Idrogeno e Elio, che da soli costituiscono una rilevante frazione (dal 96% al 99%) della massa di una stella.

## Metalli

Il resto è suddiviso tra gli altri elementi, che gli astronomi denominano nel loro complesso con il termine di *metalli*, in una miscela in cui prevalgono carbonio, ossigeno, azoto, neon, argon, magnesio, zolfo, calcio, potassio, ferro, nichel, titanio, silicio, circa nelle stesse percentuali che si riscontrano sulla Terra.

# Parametri fisici - la luminosità delle stelle

- **Luminosità (misura diretta)** = energia totale emessa dalla superficie della stella ogni secondo e si misura in Joule/sec = J/s

Nota la **luminosità del Sole**, quella delle stelle è calcolabile quando se ne conosca la **magnitudine assoluta M**; operando il confronto con i rispettivi valori solari, si ottiene

$$M - M_{\odot} = -2,5 \log(L/L_{\odot})$$

con  $M_{\odot} = 4,83$  (magnitudine assoluta del Sole).

NB  $L_{\odot}$  è la luminosità del Sole pari a  $4 \times 10^{26}$  J/sec



# Parametri fisici – la temperatura delle stelle

- **Temperatura** (misura indiretta) = temperatura della fotosfera stellare

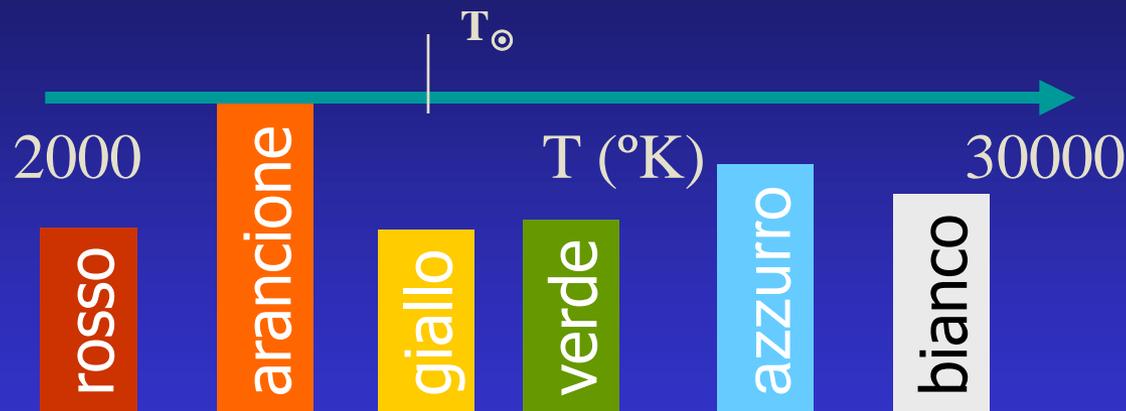
Le temperature delle stelle si distinguono in:

**Temperatura effettiva** (corpo nero in equilibrio termodinamico)

**Temperatura di colore** (in un intervallo di lunghezza d'onda-colore)

**Temperatura bolometrica** (su tutto lo spettro)

**Temperatura di eccitazione e di ionizzazione** (a seconda dei processi di formazione delle righe spettrali)



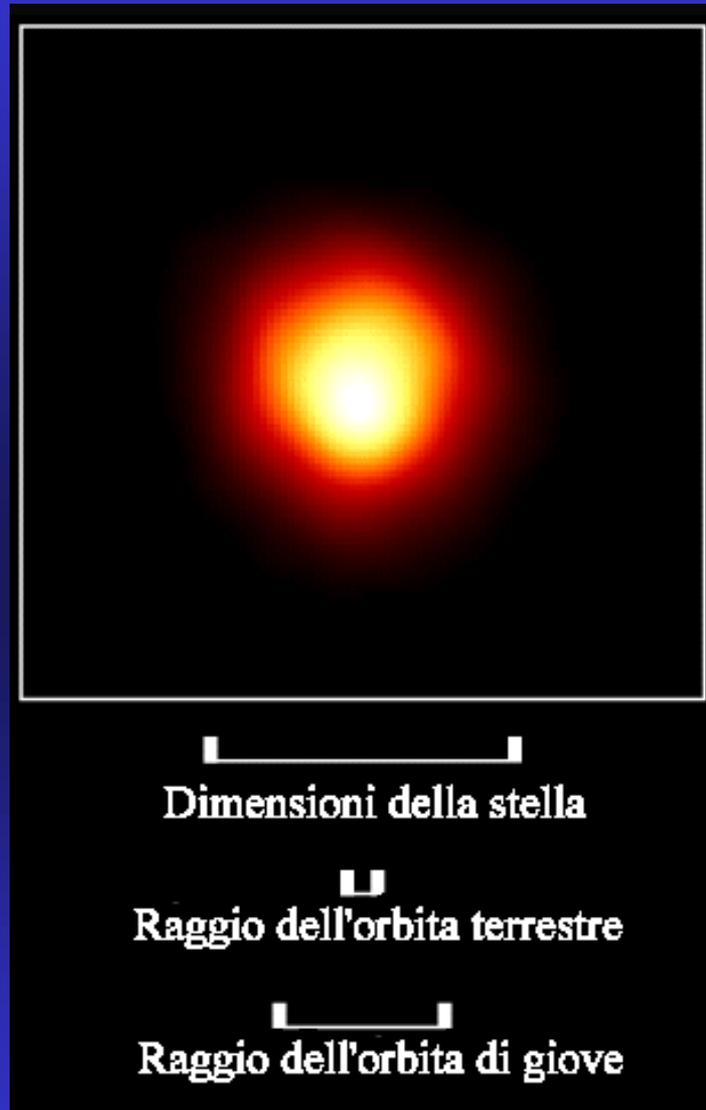
$T_{\odot}$  è la temperatura del Sole pari a 5780  $^{\circ}\text{K}$

# Parametri fisici – il raggio delle stelle

- **Raggio** (misura quasi sempre indiretta) = raggio della sua fotosfera
- Anche in questo caso il termine di confronto è il  $R_{\odot}$  è il raggio del Sole è pari a circa 700 000 km



# Raggio delle stelle-misura

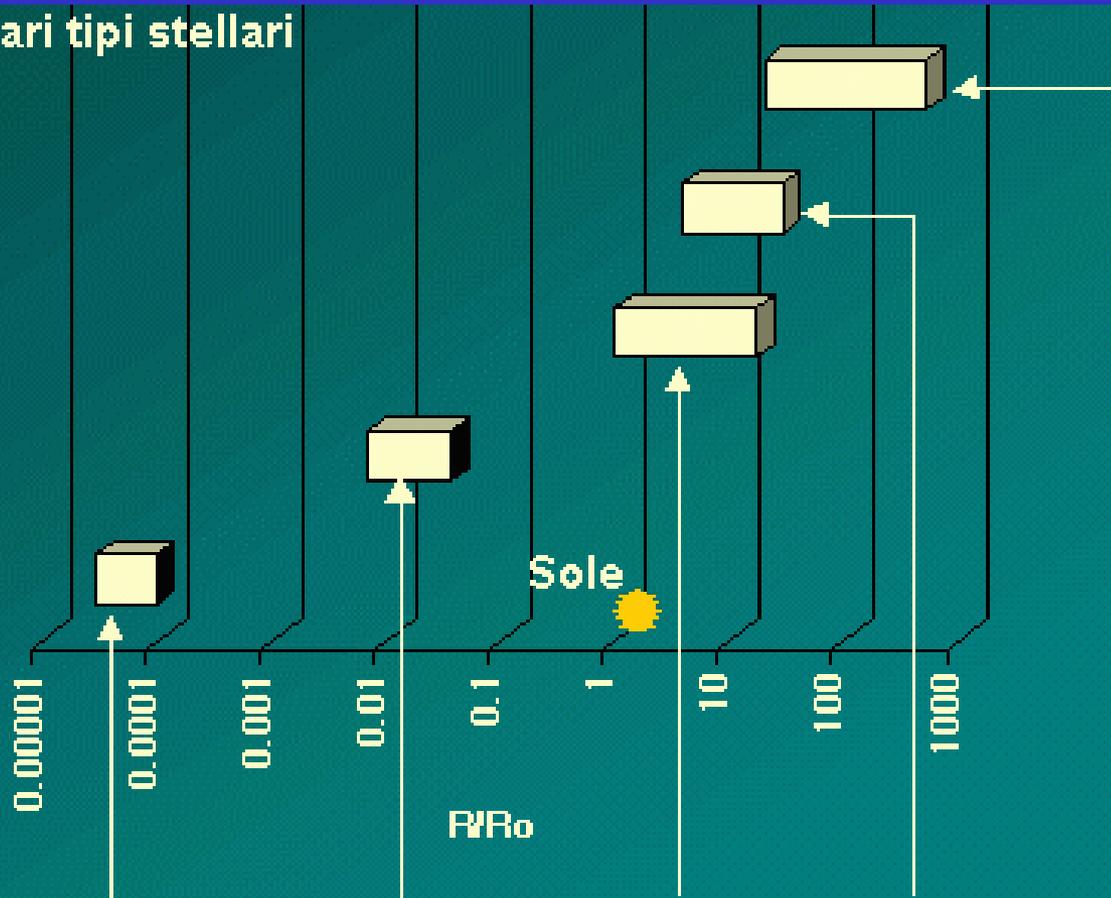


Betelgeuse

- Solo in alcuni specialissimi casi e con tecniche sofisticate è possibile avere una misura diretta dei raggi stellari.
- Le osservazioni con i telescopi non permettono di osservare il disco stellare: le stelle, per quanto siano potenti i telescopi, appaiono quasi sempre puntiformi.
- Alcune eccezioni: Betelgeuse figura a lato
- $R=821$  milioni di km  $\sim 1000 R_{\odot}$

# Raggio delle stelle-misura

Raggi dei vari tipi stellari



	Stelle di Neutroni	Nane Bianche	Nane	Giganti	Supergiganti
R(max)	0.00007	0.03	17	25	500
R(min)	0.00003	0.007	0.12	3.9	20

# Relazione tra raggio temperatura e luminosità

La legge di Stefan-Boltzmann (corpo nero-equilibrio termodinamico) risulta particolarmente utile per calcolare la quantità di energia emessa nell'unità di tempo da un corpo, di cui si conosca la superficie.

Tale quantità prende il nome di luminosità  $L$ .

Per un corpo nero di forma sferica con raggio  $R$ , che si trovi alla temperatura  $T$ , la luminosità vale

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ J}/(\text{m}^2\text{T}^4\text{s})$$

# Parametri fisici- la massa delle stelle

## ➤ Massa (misura indiretta)

La massa di una stella coincide con la massa di tutta la materia da cui essa risulta composta



$M_{\odot}$  è la massa del Sole pari a  $1,989 \times 10^{30}$  Kg

1. La massa delle stelle è misurabile direttamente per i sistemi binari
2. La relazione massa-luminosità permette una stima indiretta della massa (vedi in seguito stelle binarie)

# Popolazioni stellari

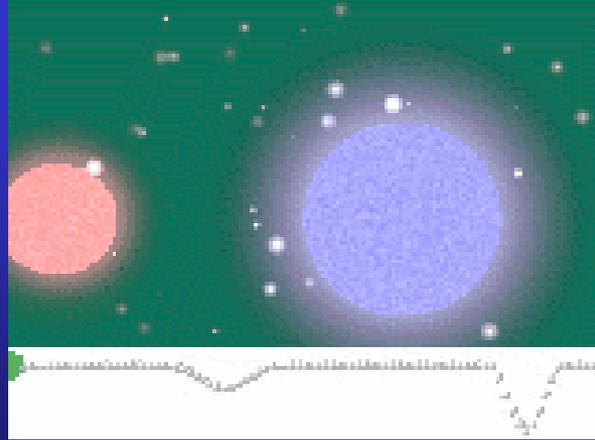
Le osservazioni portano anche ad individuare popolazioni stellari diverse, caratterizzate dal diverso contenuto di metalli.

Gli astronomi chiamano stelle di **Popolazione I** le stelle appartenenti agli ammassi aperti, ricche di metalli (circa il 2% della massa stellare) – **popolazione del disco galattico**

Stelle di **Popolazione II** quelle appartenenti agli ammassi globulari, povere di metalli (circa lo 0,2% della massa stellare) – **popolazione dell'alone galattico**

# Sistemi Binari

# Sistemi binari



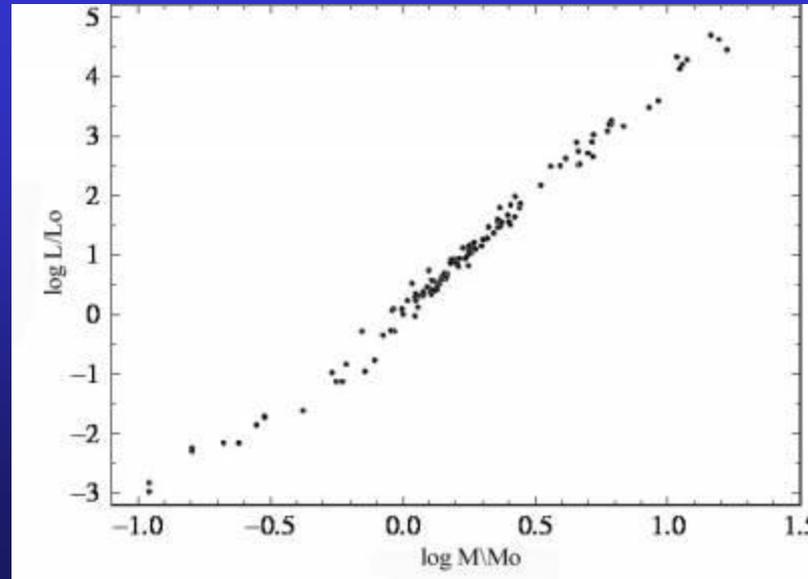
Un primo livello di aggregazione, nel quale si trova circa il 70% delle stelle, è costituito **sistemi dai binari o stelle doppie**.

Si tratta di stelle che ad occhio nudo appaiono singole, ma che con l'ingrandimento di un telescopio (**binarie visuali**) o con l'osservazione fotoelettrica (**binarie fotometriche o ad eclisse**) o spettroscopica (**binarie spettroscopiche**), appaiono formate da due componenti stellari vicine, a pochi secondi d'arco l'una dall'altra.

Un sistema binario è costituito da due stelle che percorrono ciascuna un'orbita ellittica intorno al comune baricentro, per effetto della mutua attrazione gravitazionale, secondo le leggi della meccanica Newtoniana.

**Il periodo di rivoluzione** è tanto maggiore quanto maggiore è la distanza tra le due componenti e viceversa, come risulta dalla terza legge di Keplero.

# Relazione massa luminosità per stelle binarie



Utilizzando le stelle binarie, che fortunatamente sono numerose, e la terza legge di Keplero gli astronomi hanno determinato empiricamente una relazione che lega la massa e luminosità di una stella.

Se  $L$  ed  $M$  rappresentano rispettivamente la massa e la luminosità di una stella, espresse in unità solari, valgono le seguenti relazioni:

1. per le stelle di piccola massa,  $M \leq 0,5$   $L = M^{2.5}$
2. per le stelle di massa intermedia,  $0,5 < M \leq 3$   $L = M^3$
3. per le stelle di grande massa,  $M > 3$   $L = M^4$

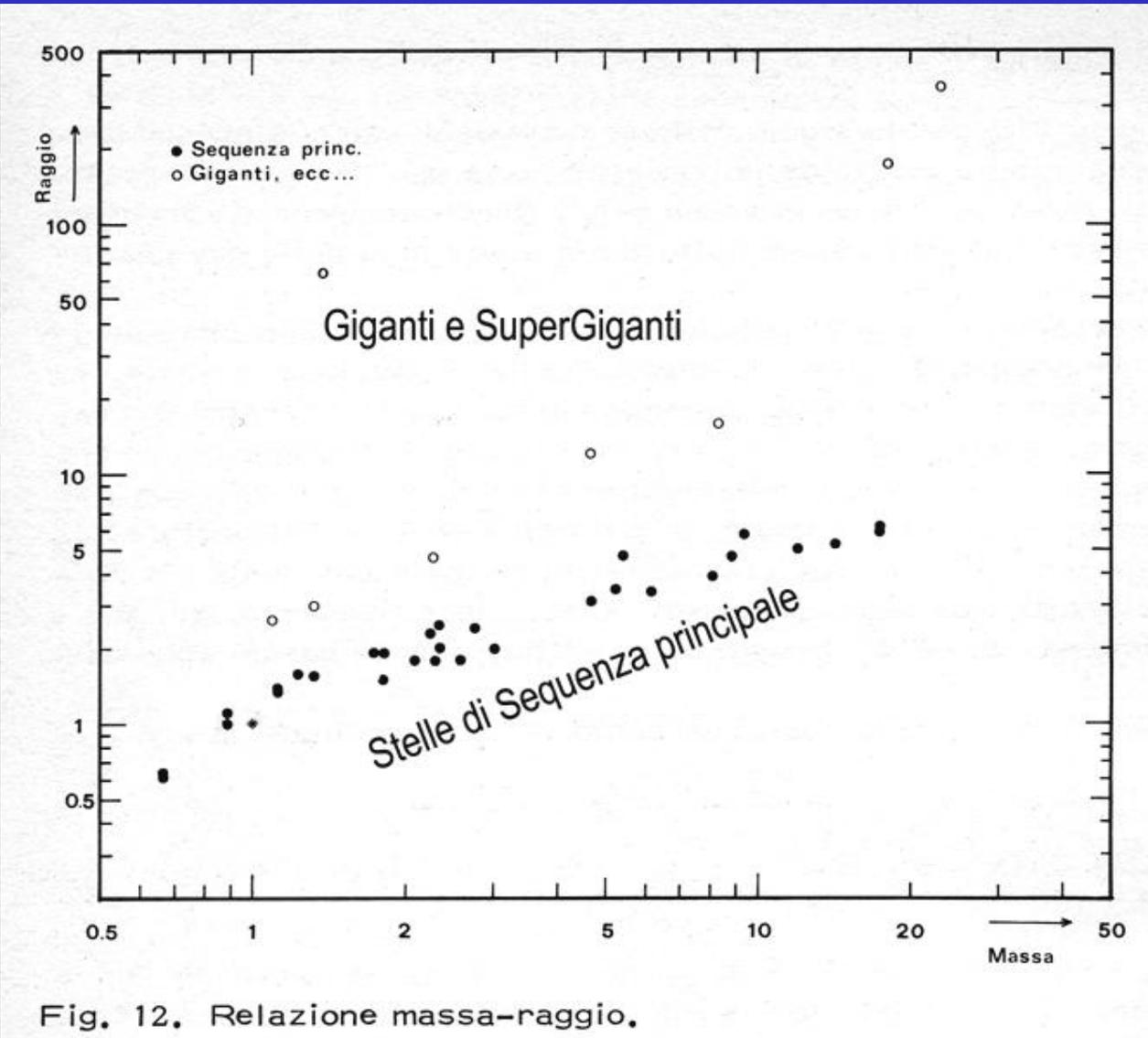
In media si può assumere  $L = M^3$ .

Le relazioni forniscono unicamente una stima della massa e sono valide per la sequenza principale

# Binarie ad eclisse-Giganti e supergiganti

## relazione massa-raggio

V365 Sgr	A
$\zeta$ Aur	K
31 Cyg	K
32 Cyg	L

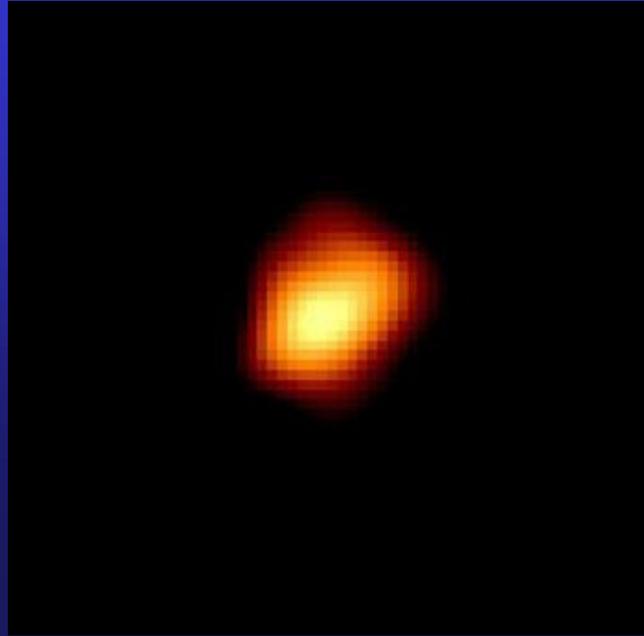


Mbol <sub>1</sub>
-3,9
...
-3,8
-3,4

Fig. 12. Relazione massa-raggio.

Stelle variabili

# Stelle variabili introduzione



La stella variabile  
Mira osservata da  
HST

Le stelle variabili mostrano variazioni di luminosità fino ad una decina di magnitudini stimate tramite la misura della loro **variabilità fotometrica**

Si hanno cambiamenti nello spettro e variazioni di velocità radiali

Le variazioni di luminosità presentano variazioni da qualche ora a qualche anno

Alcune hanno lunghi intervalli di quiescenza e poi riprendono a variare

La prima variabile fu osservata da Fabricius nel 1596 ed la stella  $\alpha$  Cet da lui denominata "Mira" (meravigliosa straordinaria)

# Stelle variabili - Nomenclatura

I nomi delle stelle variabili sono stati fissati da Argekländer verso la metà del XIX secolo

Il nome è costituito da una lettera maiuscola da R a Z o da una coppia di lettere maiuscole seguito dal nome (abbreviato) della costellazione.

Quando il numero delle lettere, sia singole che doppie, è finito si impiega un numero da 335 in poi (es: R Lyr, DQ Her, V 335 Aql ....)

Vanno ovviamente distinte dalle variabili propriamente dette le binarie ad eclisse di cui bisogna riconoscere il carattere di sistema binario o come binarie visuali o come binarie spettro-fotometriche

Le variabili mostrano delle curve di luce che possono essere sovrapposte mostrando, oppure no, il carattere di periodicità delle stesse.

# Stelle variabili-Tipologia

Le variabili sono stelle la cui luminosità varia effettivamente, cioè la stella stessa diventa più o meno luminosa.

Alcune (NB solo alcune) di queste si raggruppano nei seguenti tipi:

Variabili di tipo Mira

Variabili Cefeidi

Variabili RR Lyrae

Variabili Alpha Cygni

Variabili Delta Scuti

Variabili S Doradus

Variabili eruttive

Variabili cataclismatiche

Etc...

Stelle Novae

Supernovae

# Cefeidi classiche-curve di luce

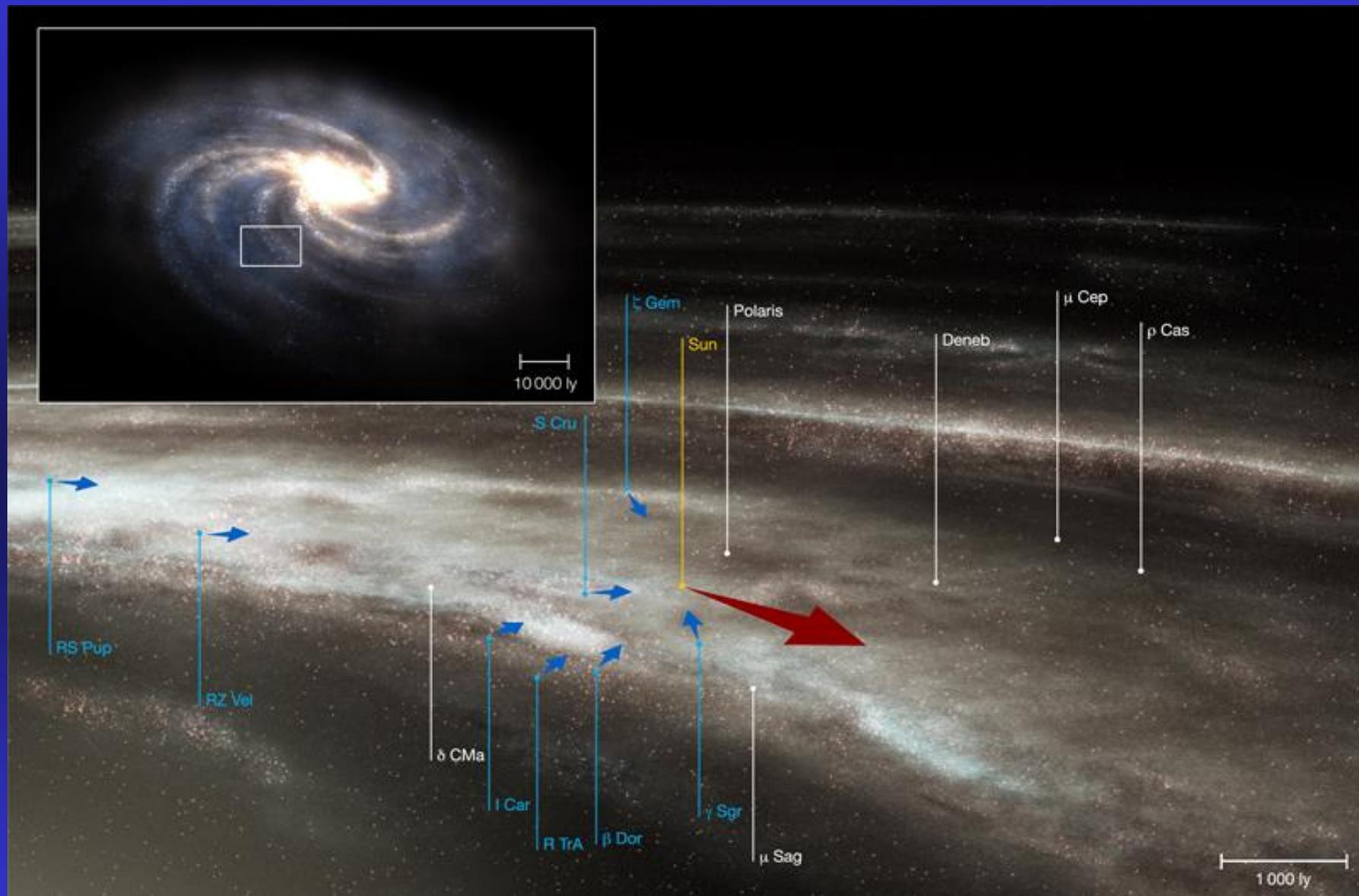
Le cefeidi sono stelle supergiganti di Popolazione I (stelle di disco) con tipi spettrali F-K

Hanno una curva di luce regolare con un rapido incremento di luminosità seguito da un lento declino

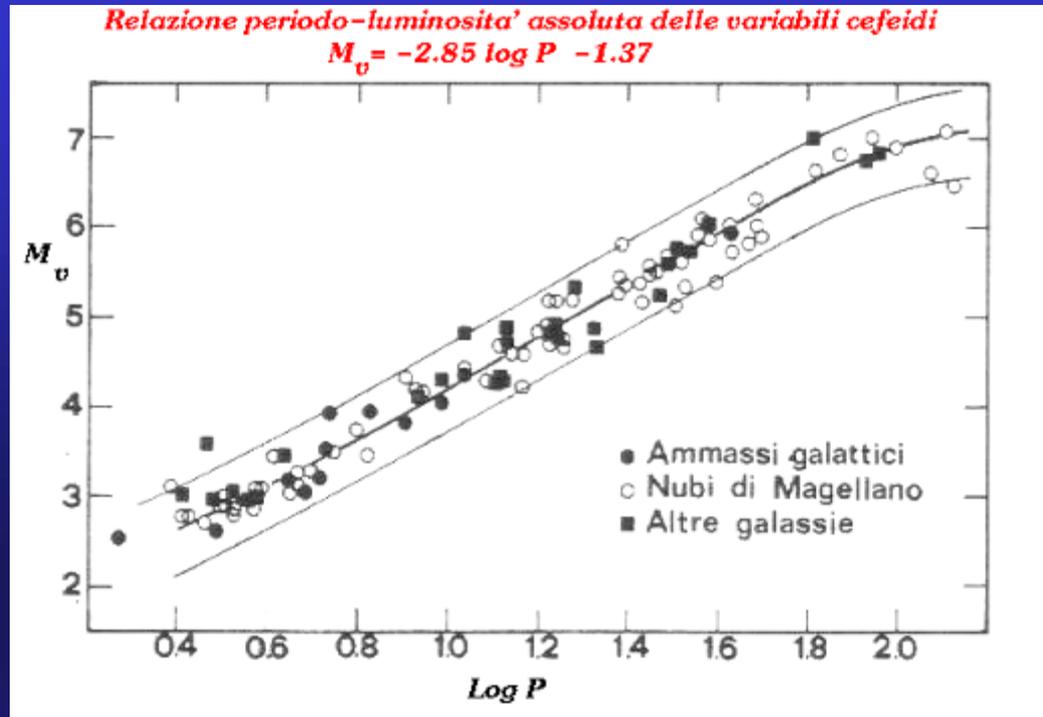


La variazione di luminosità è interpretata come una sequenza di pulsazioni radiali che interessa la materia compresa tra 0,8 ed 1 raggio stellare

# Le Cefeidi nei dintorni del Sole



# Relazione periodo luminosità

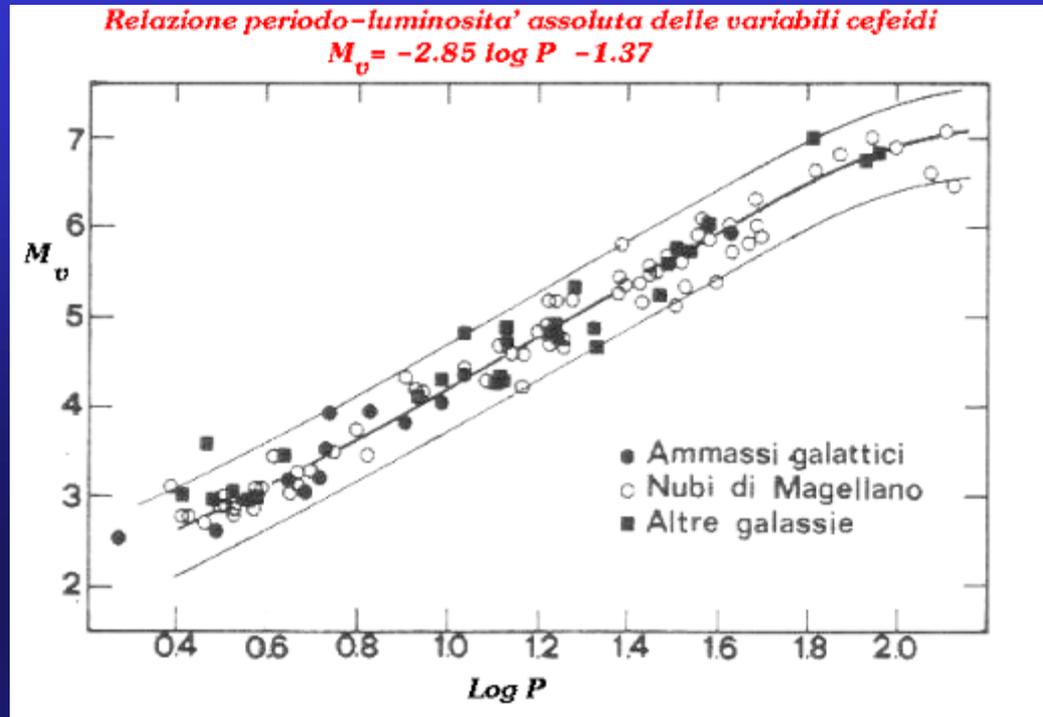


Le variabili Cefeidi sono stelle pulsanti con periodi che vanno da 2 a 40 giorni. La signora Leavitt nel 1912 trovò, dopo avere effettuato centinaia di misure delle variabili Cefeidi nelle nubi di Magellano, una relazione tra il periodo  $P$  e la magnitudine assoluta  $M_v$ .

$$M_v = -2.85 \log P - 1.37$$

Da notare che le **Cefeidi classiche** sono stelle di Pop I mentre le **Cefeidi W Virginis** in tutto identiche alle altre salvo la variazione di luminosità (1,5 magnitudini più deboli delle "classiche") sono stelle di Pop II

# Cefeidi come candele standard



In altri termini le Cefeidi più brillanti variano di luminosità più di quelle meno brillanti e quindi è possibile risalire dal periodo di variabilità alla magnitudine assoluta. Dal momento che la magnitudine apparente è sempre disponibile viene ad essere noto immediatamente il modulo di distanza e quindi la distanza stessa. Per questo motivo le Cefeidi sono dette indicatori di distanza o candele standard.

# Classificazione delle stelle

# Classificazione spettrale di Harvard 1

La classificazione spettrale di Harvard è un completamento di quello di padre Secchi della metà del XIX secolo

Si usano le lettere

**O-B-A-F-G-K-M-L-T**

Che formano una sequenza corrispondente alle temperature superficiali delle stelle da 35000 °K a 3000 °K

# Classificazione spettrale di Harvard 2

NB ionizzazione HI = idrogeno neutro

HII = idrogeno una volta ionizzato, ha perso il suo elettrone

O stelle blu  $T=20000-35000$  °K righe di ionizzazione multipla di He II, CIII, NIII, Si V, sono visibili le righe di HeI deboli le righe di HI

B stelle blu-bianche  $T=15000$  °K spariscono le righe di HeII, si rinforzano quelle di HeI, con le B3 diventa visibile la riga K del Ca II diventano più forti le righe di HI, visibili quelle di OII, SiII e MgII

A stelle bianche  $T=9000$  °K massima intensità delle righe di HI si rinforzano le righe H e K del CaII, spariscono quelle dell'HeI

F stelle giallo-bianche  $T=7000$  °K Si indeboliscono le righe HI, diventano sempre più forti le righe H e K del CaII, emergono le righe dei metalli FeI, FeII, CrII e TiII

G stelle gialle  $T=5500$  °K si indeboliscono ulteriormente le righe HI, molto forti H e K del CaII, si rinforzano le righe dei metalli ed appaiono nelle giganti le linee CN

K stelle arancio-giallo  $T=4000$  °K le righe metalliche dominano lo spettro iniziano ad essere visibili le bande molecolari TiO

# Classificazione spettrale di Harvard 3

M stelle rosse  $T=3000$  °K la banda del TiO si rinforza diventa molto forte la riga del CaI a 422,7 nm ed appaiono molte righe di metalli neutri

L stelle marroni (nane rosse)  $T=2000$  °K scompaiono le righe degli ossidi TiO e VO e compaiono righe molto larghe del sodio NaI

T Nane brune  $T=1000$ ° K dominano le bande molecolari di assorbimento di CH<sub>4</sub> ed H<sub>2</sub>O

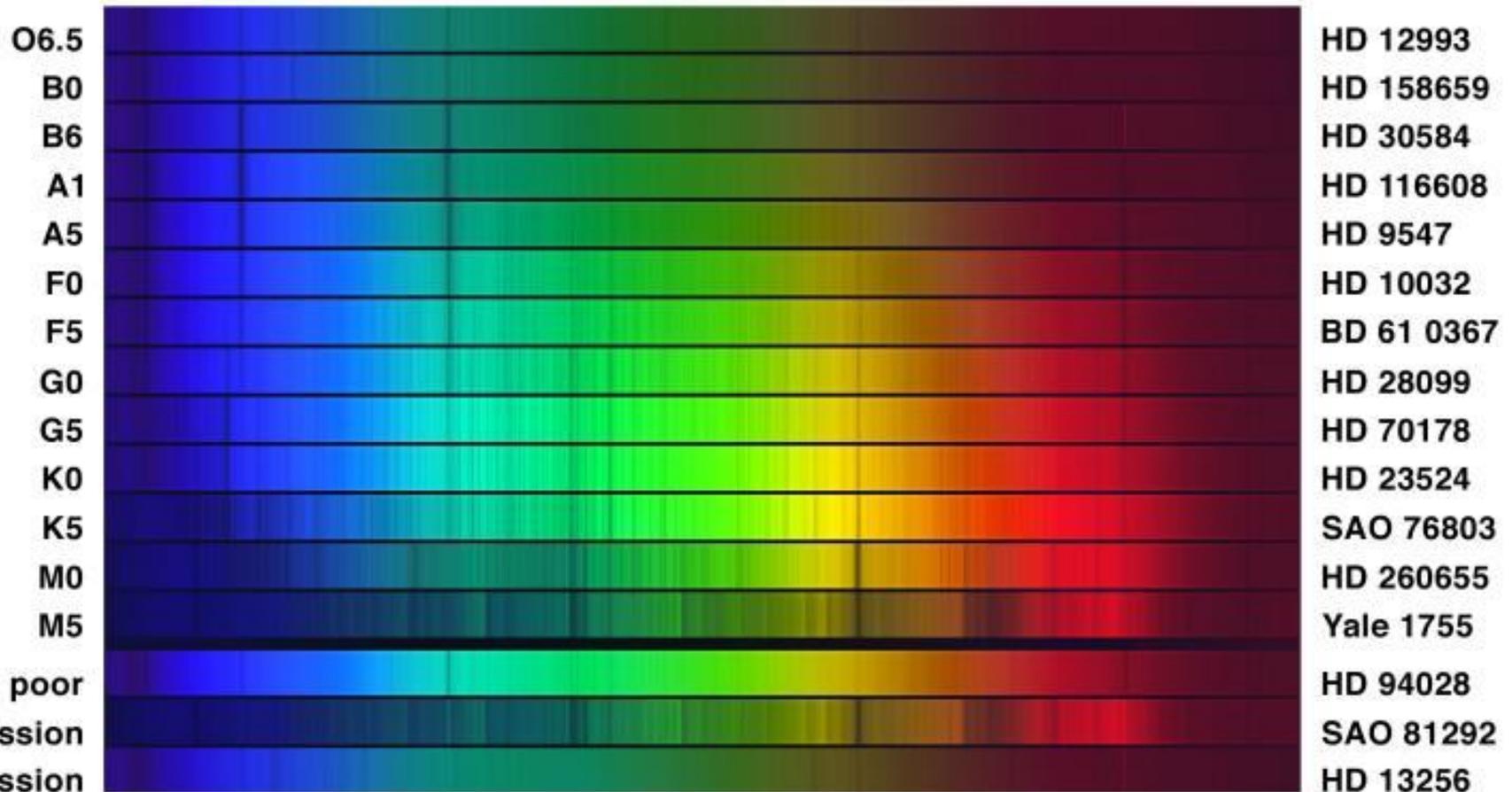
Altre classi

C Stelle al carbonio stelle rosse con  $T=3000$  °K forti bande metalliche ed inoltre componenti del carbonio C<sub>2</sub>, CN e CH non ci sono le bande molecolari dell'ossido di Titanio TiO

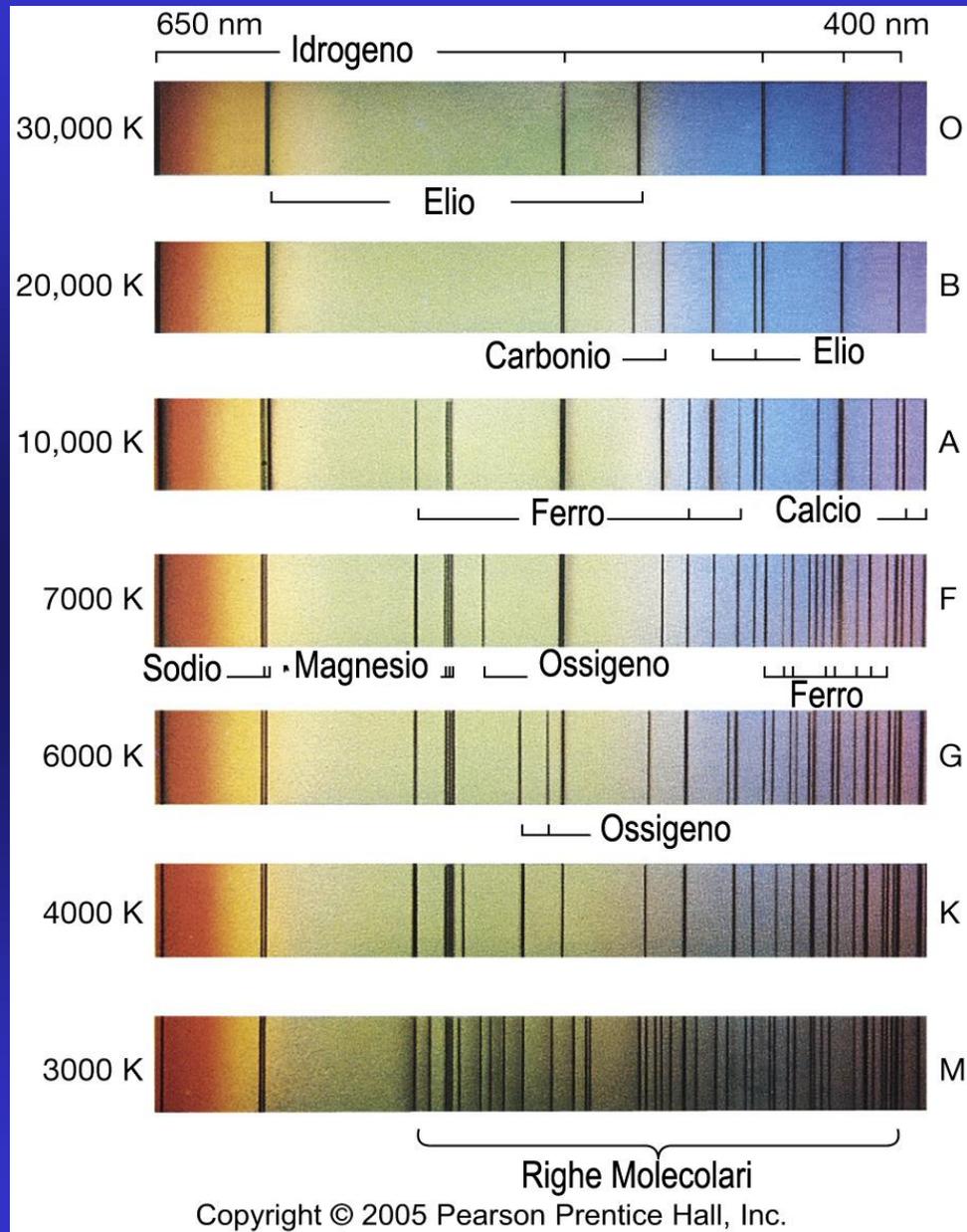
P nebulose planetarie

D nane bianche

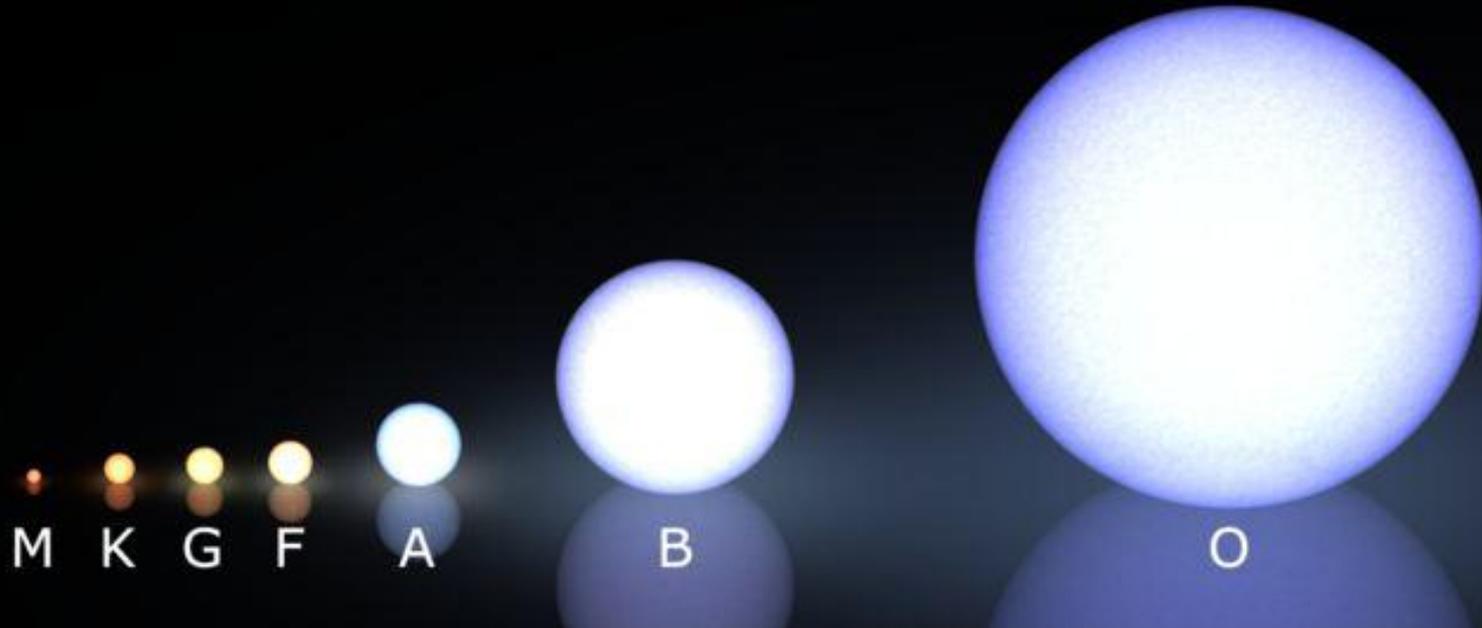
# Classificazione spettrale



# Classificazione spettrale di Harvard 4



# Classificazione spettrale di Harvard



Tipo spettrale	Temperatura	Colore	Massa	Raggio	Luminosità
O	28000-5000 K	Azzurro	60	15	140000
B	9600-28000 K	Celeste	18	7	20000
A	7100-9600 K	Bianco	3,1	2,1	80
F	5700-7100 K	Bianco + giallo	1,7	1,3	6
G	4600-5700 K	Giallo	1,1	1,1	1,2
K	3200-4600 K	Arancione	0,8	0,9	0,4
M	1700-3200 K	Rosso	0,3	0,4	0,04

# Classificazione spettrale MKK

## Stelle di sequenza principale

Differenziano le stelle delle precedenti classi spettrali in 6 differenti classi di luminosità

Ia le più luminose supergiganti

Ib le meno luminose supergiganti

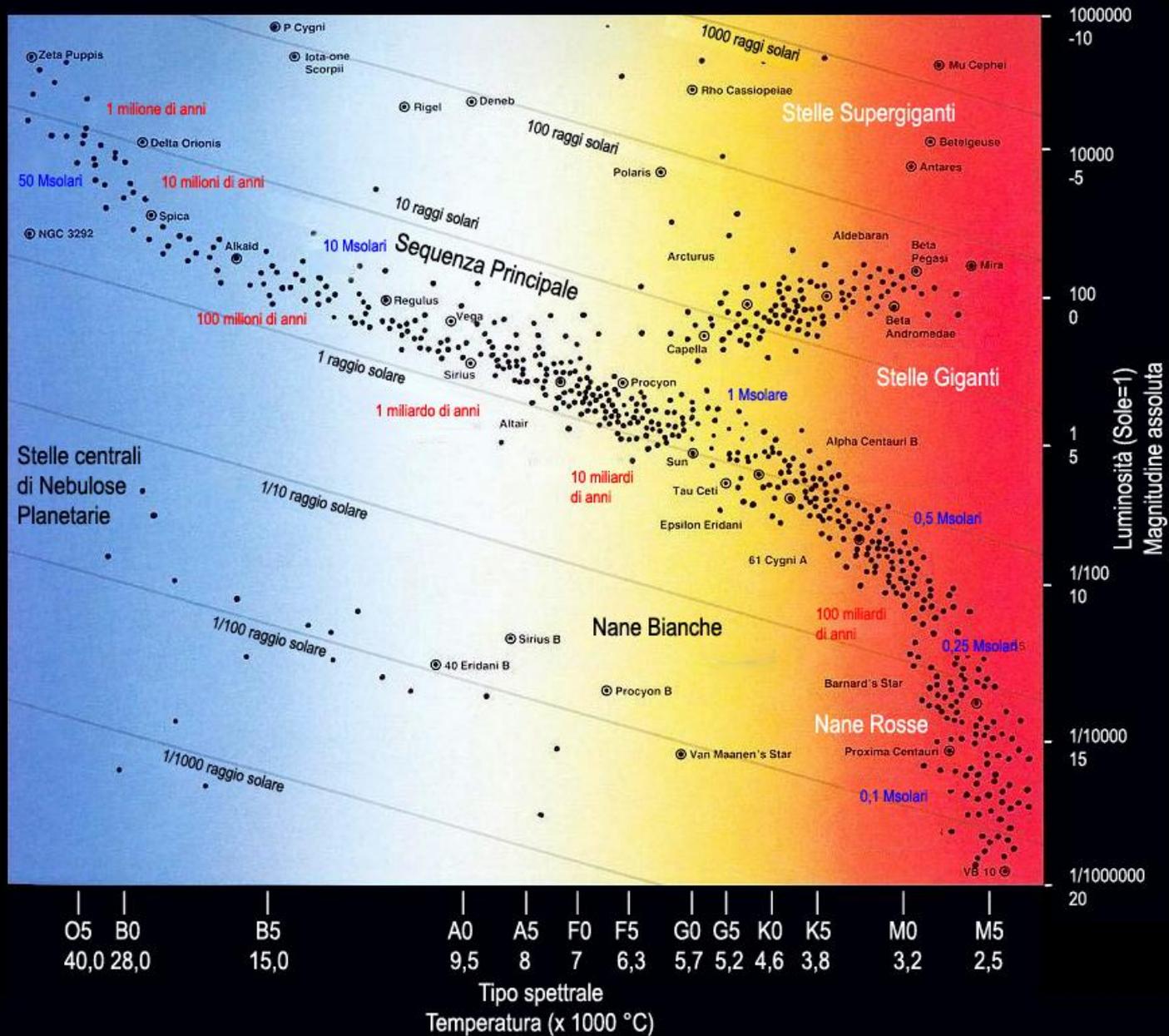
II le giganti luminose

III le giganti normali

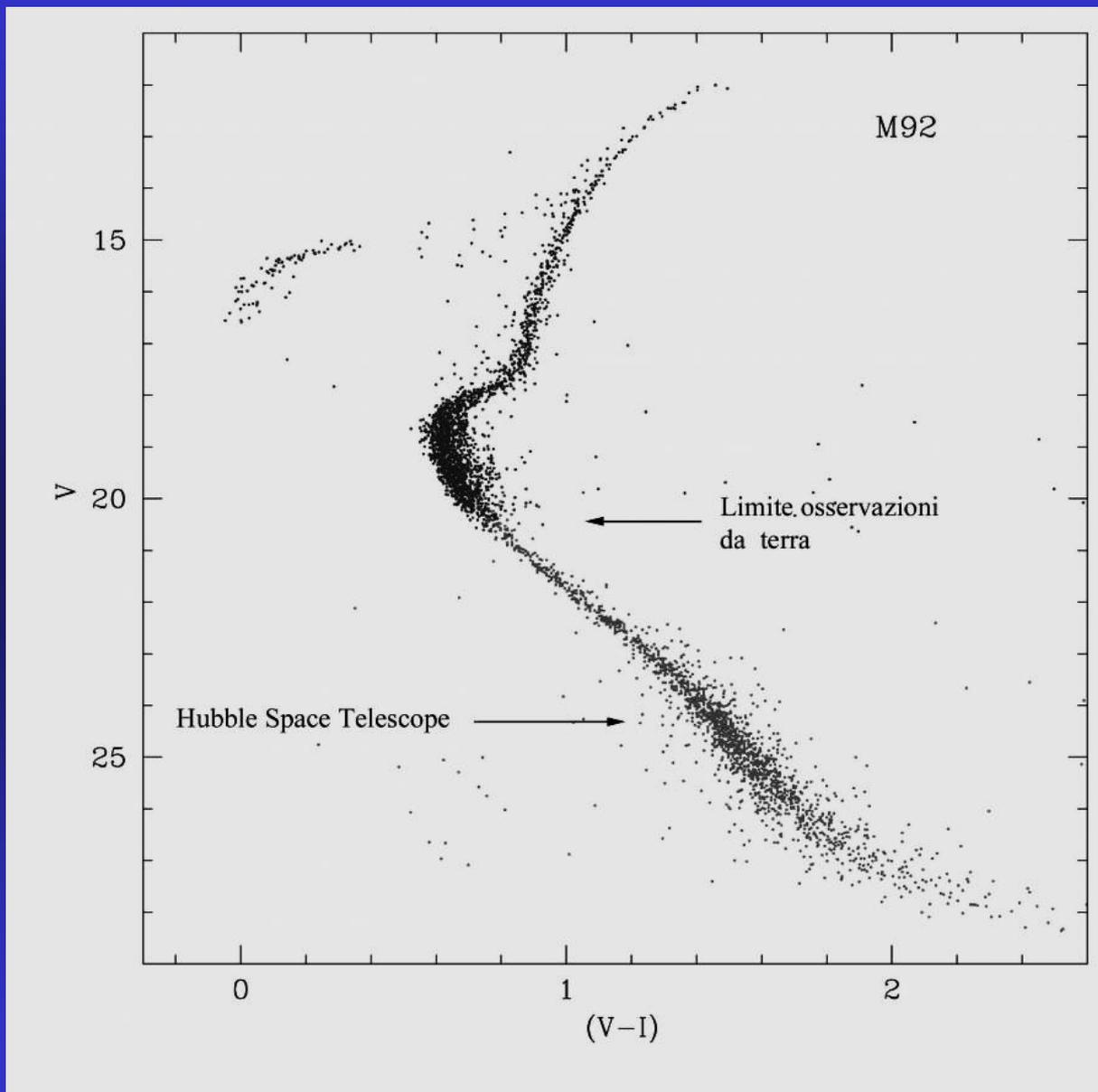
IV le subgiganti

V stelle normali (nane) che vengono chiamate Stelle di Sequenza principale

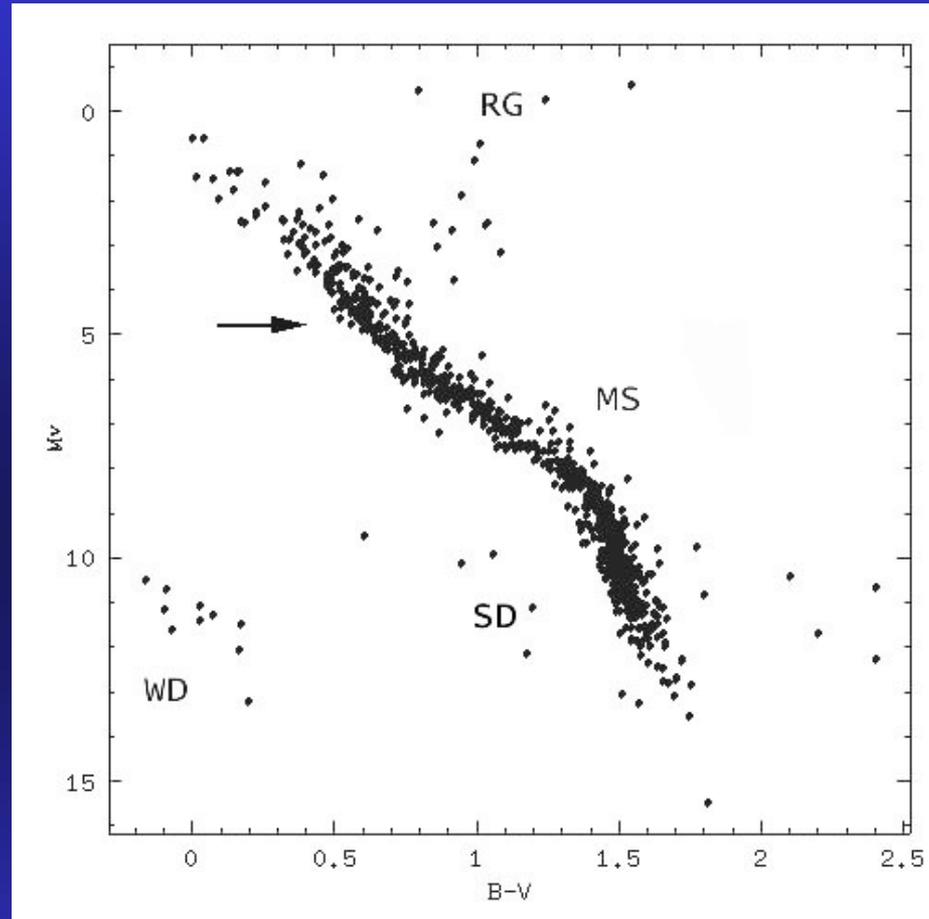
# Diagramma HR



# Diagramma HR di M92 (Ammasso Globulare)

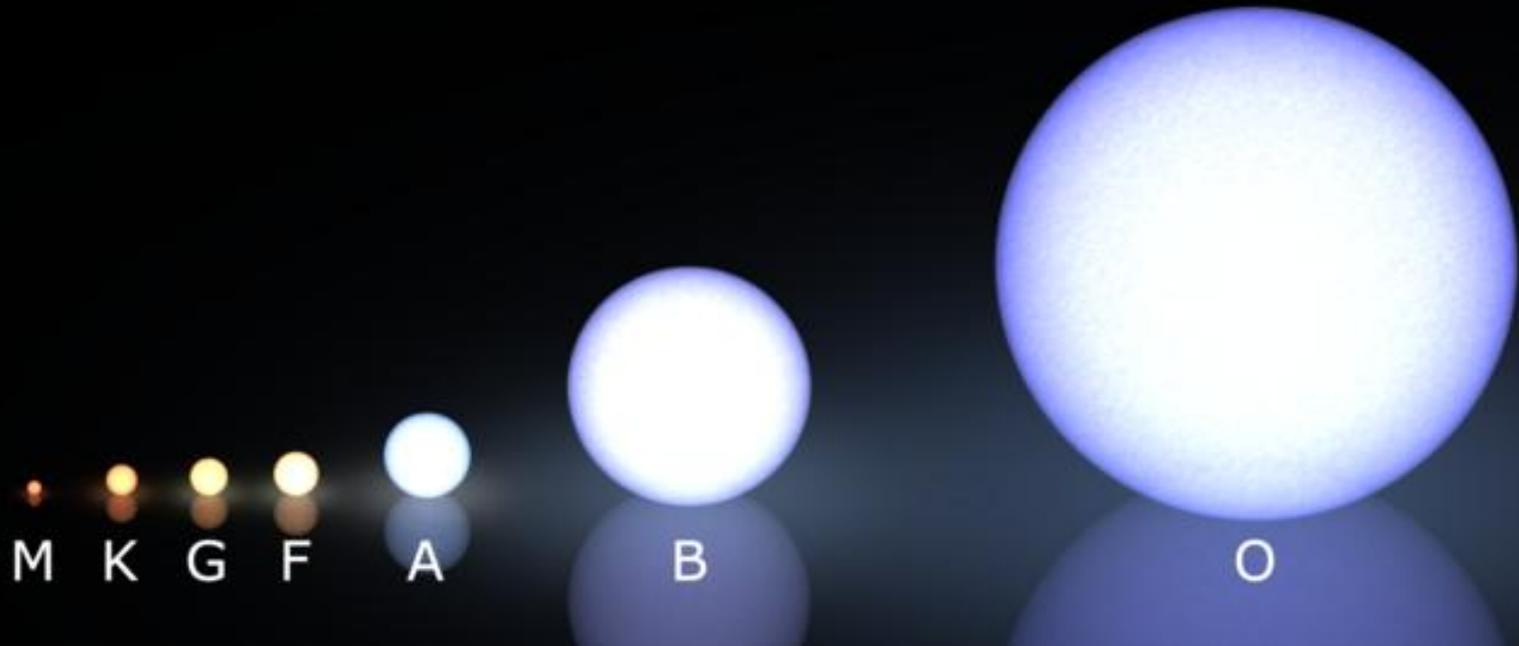


# Classificazione spettrale per le stelle con $d < 20$ pc



Magnitudini visuali assolute  $M_V$  in funzione del colore  $B-V$  per stelle con distanza dal Sole minore di 20 pc, con parallassi trigonometricamente dal satellite astrometrico Hipparcos. La freccia indica la magnitudine assoluta del Sole ( $M_V=4,8$ ). Luminosità e temperatura delle sorgenti decrescono all'aumentare, rispettivamente, di  $M_V$  e  $B-V$ .

# Classificazione spettrale e dimensioni delle stelle



# Classificazione spettrale-proprietà

Classe	Temp(K)	Colore	Colore apparen te	Massa ( $M_{\odot}$ )	Raggio ( $R_{\odot}$ )	Luminosità (bolometrica)	Linee Idrogeno	Frazione di tutte le stelle in sequenza principale
O	$\geq 33000$ K	Blu	Blu	$\geq 16$ M	$\geq 6,6$ R	$\geq 30000$ L	Debole	$\sim 0,00003\%$
B	10000– 33000 K	Blu Bianco Blu	Blu bianco	2,1–16 M	1,8–6,6 R	25–30000 L	Media	0,13%
A	7500– 10000 K	Bianco	Da bianco a blu	1,4–2,1 M	1,4–1,8 R	5–25 L	Forte	0,6%
F	6000– 7500 K	Giallo Bianco	Bianco	1,04–1,4 M	1,15–1,4 R	1,5–5 L	Media	3%
G	5200– 6000 K	Giallo	Giallo bianco	0,8–1,04 M	0,96– 1,15 R	0,6–1,5 L	Debole	7,6%
K	3700– 5200 K	Aranci o	Giallo arancio	0,45–0,8 M	0,7–0,96 R	0,08–0,6 L	Molto debole	12,1%
M	$\leq 3700$ K	Rosso	Arancio rosso	$\leq 0,45$ M	$\leq 0,7$ R	$\leq 0,08$ L	Molto debole	76,45%

# Stelle di sequenza principale

Tipo	Temp. Sup	Raggio (Sole=1)	Massa (Sole=1)	M ass (Visual)	Luminosità (bol) (Sole=1)	Zona abit (UA)	Tempo di vita (Ma)	Abbondanza (% su tutte le stelle)
O3	53 000K	15	120	-6,0	1 400 000	1200	2	0,00001%
O5	45 000K	12	60	-5,7	790 000	890	3	
O8	35 000K	8,5	23	-4,9	170 000	410	6	
B0	30 000K	7,4	17	-4,0	50 000	220	9	0,1%
B3	19 000K	4,8	7,6	-1,6	1900	44	30	
B5	15 000K	3,9	5,9	-1,2	830	29	50	
B8	12 000K	3,0	3,8	-0,2	180	13	150	
A0	9 500K	2,4	2,9	+0,6	54	7,3	300	0,7%
A5	8 200K	1,7	2,0	+1,9	14	3,7	1 000	
F0	7 200K	1,5	1,6	+2,7	6,5	2,5	1 900	2%
F5	6 400K	1,3	1,3	+3,5	3,2	1,8	3 200	
G0	6 000K	1,1	1,05	+4,4	1,5	1,2	8 000	3,5%
G2	5 800K	1,0	1,00	+4,8	1,0	1,0	10 000	
G5	5 700K	0,92	0,92	+5,1	0,79	0,89	12 000	
K0	5 200K	0,85	0,79	+5,9	0,42	0,65	22 000	8%
K5	4 300K	0,72	0,67	+7,4	0,15	0,39	45 000	
M0	3 800K	0,60	0,51	+8,8	0,08	0,28	68 000	80%
M5	3 200K	0,27	0,21	+12,3	0,011	0,10	200 000	
M8	2 600K	0,15	0,06	+16,0	0,001	0,03	700 000	

# Stelle giganti

Tipo	Temp. Sup	Raggio (Sole=1)	Massa (Sole=1)	Mass (Visual)	Luminosità (bol) (Sole=1)	Zona abit (UA)
B0	29 000K	15	20	-5,1	1 100 000	1000
B5	15 000K	8	7	-2,2	1800	42
A0	10 000K	5	4	+0,0	110	11
F0	7 200K	5	2	+0,5	60	7,7
G0	5 800K	6	1,0	+1,0	34	5.8
G5	5 100K	10	1,1	+0,9	43	6.6
K0	4 700K	15	1,1	+0,7	60	7,7
K5	3 900K	25	1,2	-0,2	220	15
M0	3 800K	40	1,2	-0,4	330	18
M5	3 300K	80	1,2	-0,3	930	30

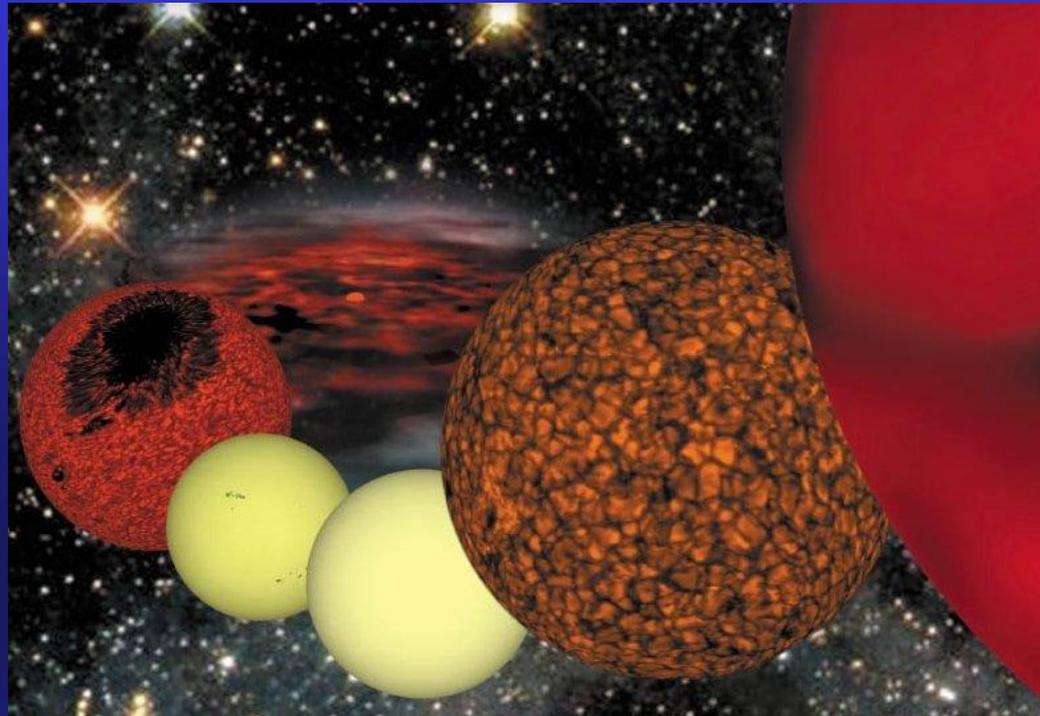
# Stelle supergiganti

Tipo	Temp. Sup	Raggio (Sole=1)	Massa (Sole=1)	Mass (Visual)	Luminosità (bol) (Sole=1)	Zona abit (UA)
O5	40 000K	30	70	-6,6	11 000 000	3300
B0	26 000K	30	25	-6,4	2 600 000	1600
A0	9 700K	60	16	-6,3	35 000	190
F0	7 700K	80	12	-6,6	32 000	180
G0	5 500K	120	10	-6,4	30 000	170
G5	4 800K	150	12	-6,2	29 000	170
K0	4 400K	200	13	-6,0	29 000	170
K5	3 800K	400	13	-5,8	38 000	190
M0	3 600K	500	13	-5,6	41 000	200

# Nane Brune

<b>Tipo</b>	<b>Temp. Sup</b>	<b>Raggio (Sole=1)</b>	<b>Massa (Sole=1)</b>	<b>Mass (Visual)</b>	<b>Zona abit (UA)</b>	<b>Zona abit (km)</b>
M8	2 600K	0,11	+18,5	0,00045	0,021	3 100 000
M9	2 500K	0,10	+19,3	0,00032	0,018	2 700 000
L0	2 400K	0,098	+19,7	0,00030	0,017	2 500 000
L2	2 100K	0,095	+20,4	0,00015	0,012	1 800 000
L5	1 650K	0,089	+22	0,000060	0,0078	1 200 000
T0	1 400K	0,08	+23	0,000028	0,0052	780 000
T5	1 200K	0,06	+24	0,000015	0,0039	580 000
T8	750K	0,06	+26	0,0000026	0,0016	240 000

# Perché l'evoluzione stellare ?



- All'inizio della storia dell'universo le stelle non esistevano, pertanto in un qualche momento esse si sono formate.
- Le stelle emettono radiazioni, dunque consumano energia e quando l'avranno terminata, cesseranno di brillare e moriranno.
- Tra questi due stadi deve necessariamente una successione di fasi intermedie, che costituiscono l'evoluzione della stella.

# Problemi di descrizione

- L'evoluzione di una stella copre un arco di tempo di miliardi di anni (il Sole ha circa 5 miliardi di anni).

## Come descriverla?

- Definizione di parametri fisici caratteristici (L, T, M, età, ...)
- Suddivisione delle stelle in classi
- Analisi delle classi, confronto tra classi

Un piccolo «zoo» stellare

# Antares - $\alpha$ Sco

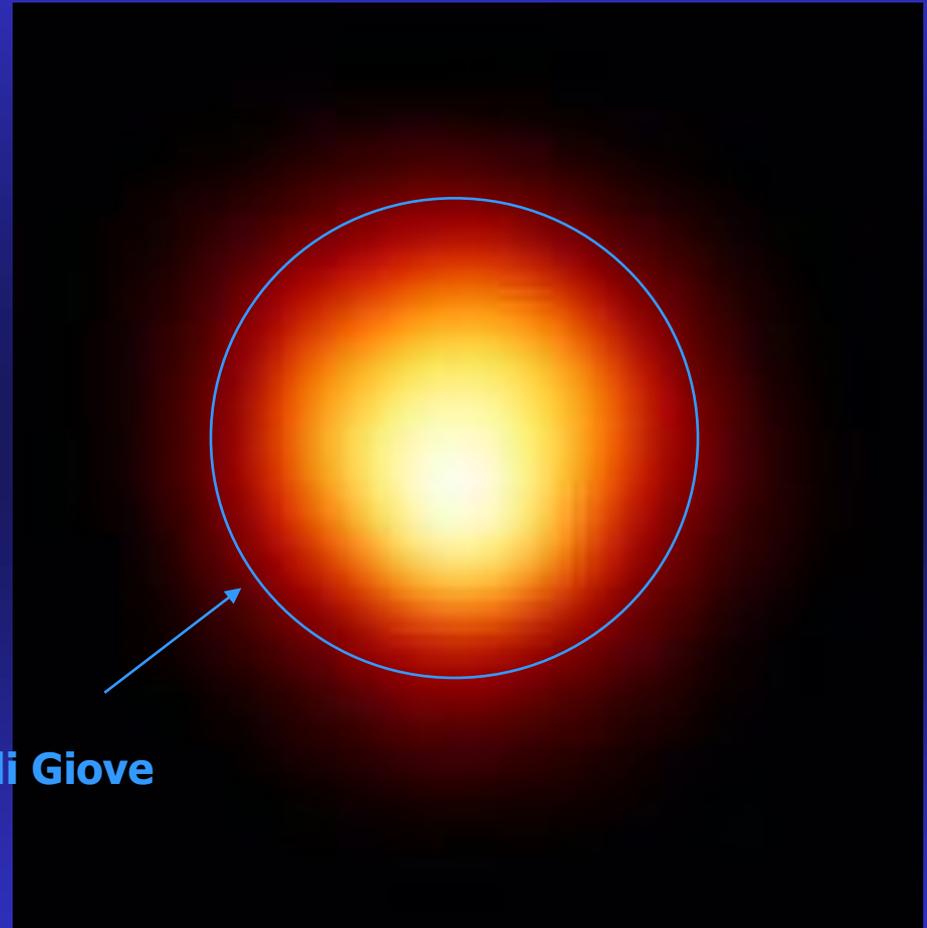
Temperatura = 2800°K  
Luminosità = 9000  $L_{\odot}$   
Diametro = 4 UA  
Distanza = 520 al



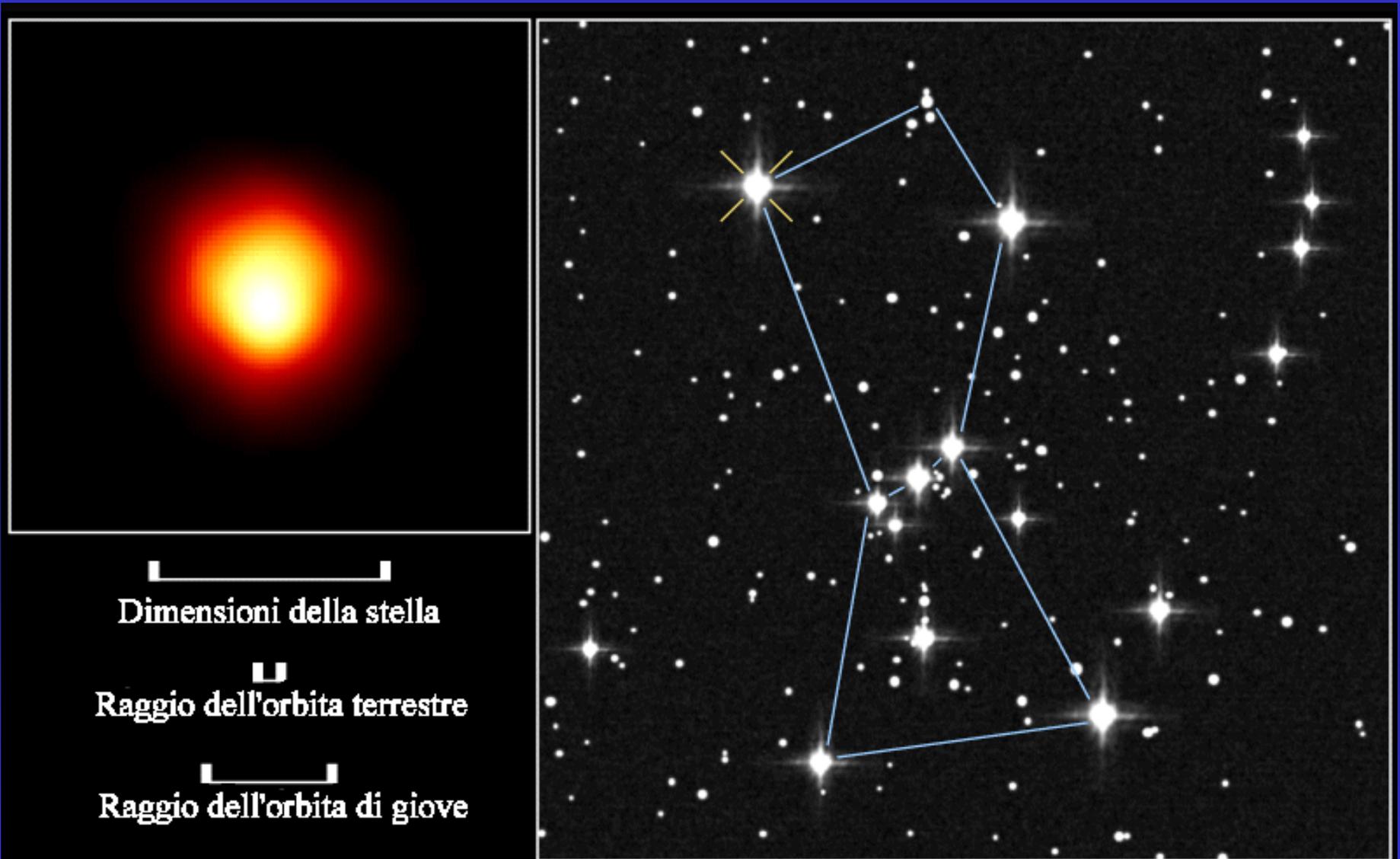
F. Mazzucconi

# Betelgeuse - $\alpha$ Ori

Temperatura = 2800°K  
Luminosità = 10000 – 19000  $L_{\odot}$   
Diametro = 700 – 1300  $D_{\odot}$   
Distanza = 450 a.l.



# Betelgeuse - $\alpha$ Ori



Dimensioni della stella

Raggio dell'orbita terrestre

Raggio dell'orbita di giovè

Per la prima volta il Telescopio Spaziale ha mostrato l'atmosfera di una stella

HST · FOC

PRC96-04 · ST ScI OPO · January 15, 1995 · A. Dupree (CfA), NASA

# Rasalgethi - $\alpha$ Her

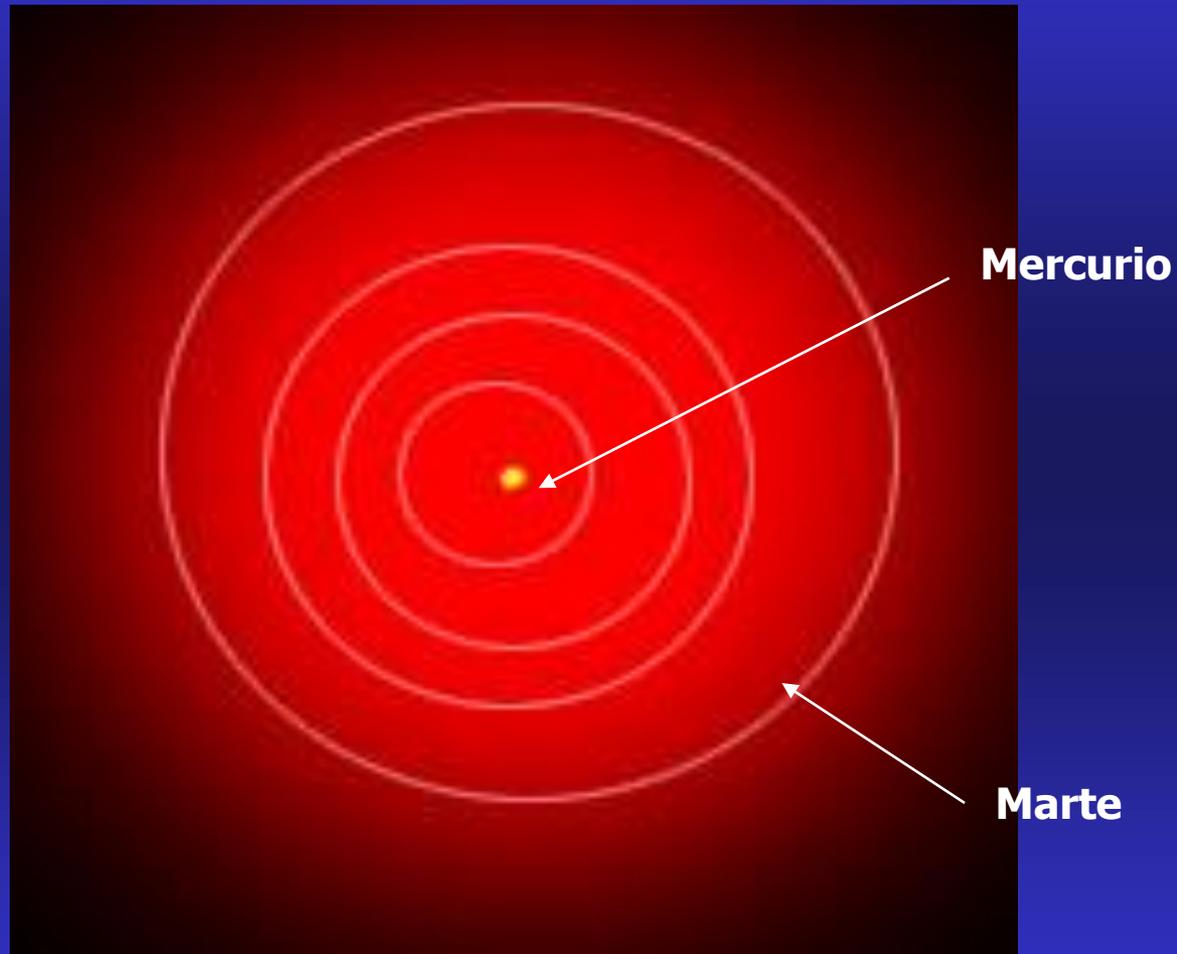
Nell'infrarosso sarebbe la stella più brillante del cielo

Temperatura = 2500°K

Luminosità = 500  $L_{\odot}$

Raggio = 2 UA

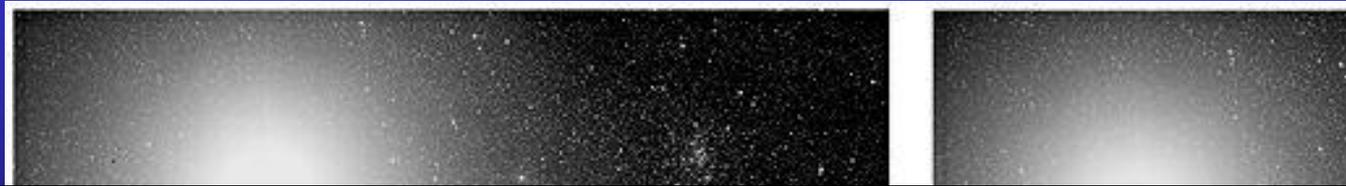
Distanza = 380 al



# Archernar

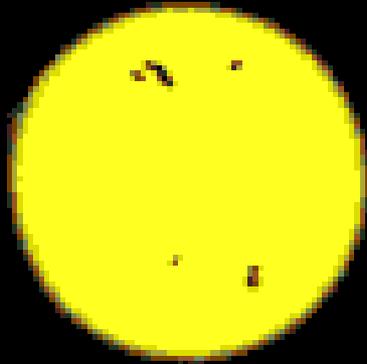
<b>Classificazione</b>	stella bianco-azzurra di sequenza principale
<b>Classe spettrale</b>	B3 Vpe
<b>Distanza dal Sole</b>	144 anni luce
<b>Costellazione</b>	Eridano
<b>Dati fisici</b>	
<b>Diametro medio</b>	circa 13 900 000 km
<b>Raggio medio</b>	circa 10 R <sub>☉</sub>
<b>Massa</b>	6-8 M <sub>☉</sub>
<b>Temperatura superficiale</b>	14.500–19.300 K (media)
<b>Luminosità</b>	2.900-5.400 L <sub>☉</sub>
<b>Indice di colore (B-V)</b>	-0,20
<b>Età stimata</b>	da 1 a 5 milioni di anni
<b>Dati osservativi</b>	
<b>Magnitudine apparente da Terra</b>	0,50
<b>Magnitudine ass.</b>	-2,77
<b>Parallasse</b>	22,68 ± 0,57 mas
<b>Moto proprio</b>	AR: 88,02 mas/anno Dec: -40,08 mas/anno
<b>Velocità radiale</b>	+16 km/s

# Il sistema di $\alpha$ Centauri

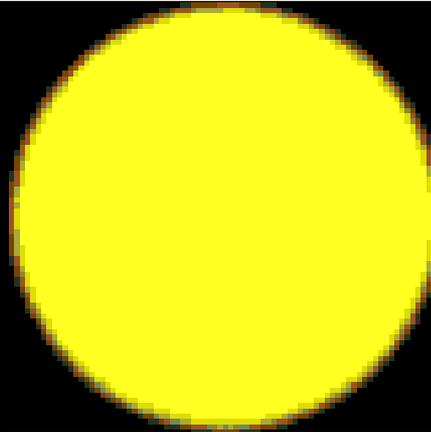


$\alpha$  Cen

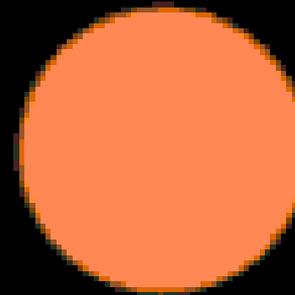
Le dimensioni rispetto al Sole



Sole



$\alpha$  Centauri A



$\alpha$  Centauri B



Proxima

The Triple Stellar System Alpha Centauri  
(ESO 1-m Schmidt Telescope)

ESO PR Photo 07a/03 (15 March 2003)

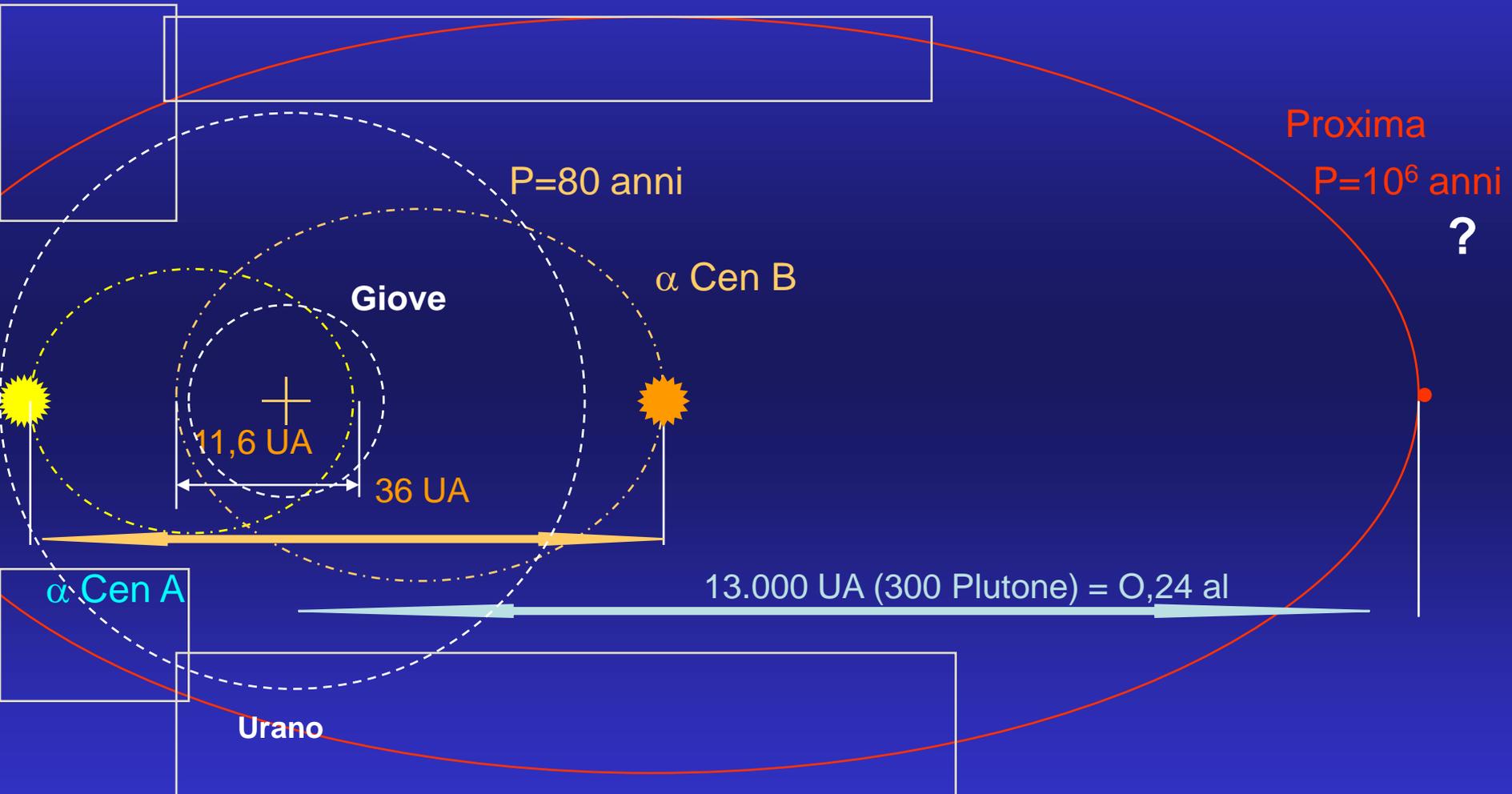
© European Southern Observatory



## A $\alpha$ Cen – Rigil (il piede) B

- Distanza = 4,35 a.l.
- Tipo spettrale = G2
- Massa = 1,09  $M_{\odot}$
- Raggio = 1,23  $R_{\odot}$
- Luminosità = 1,54  $L_{\odot}$
- Età = 4,85 – 6,8 miliardi di anni
- Temperatura = 5770°K
- Tipo spettrale = K1
- Massa = 0,91  $M_{\odot}$
- Raggio = 0,86  $R_{\odot}$
- Luminosità = 0,50  $L_{\odot}$
- Temperatura = 5300°K
- Anno di scoperta: 1752

# Il sistema di $\alpha$ Cen



# Proxima Centauri

- Distanza = 4,22 a.l.
- Tipo spettrale = M5
- Massa = 0,12  $M_{\odot}$
- Raggio = 0,15  $R_{\odot}$
- Luminosità = 1/18.000  $L_{\odot}$
- Età = 5 – 6 miliardi di anni
- Temperatura = 3300°K
- Anno di scoperta: 1915
- E' una nana rossa, che è stata per lungo tempo la stella più debole conosciuta
- Vista dalle altre due stelle è una stellina appena visibile a occhio nudo,  $m_v = 4,8$
- Messa alla distanza del Sole, il disco della stella sarebbe appena visibile

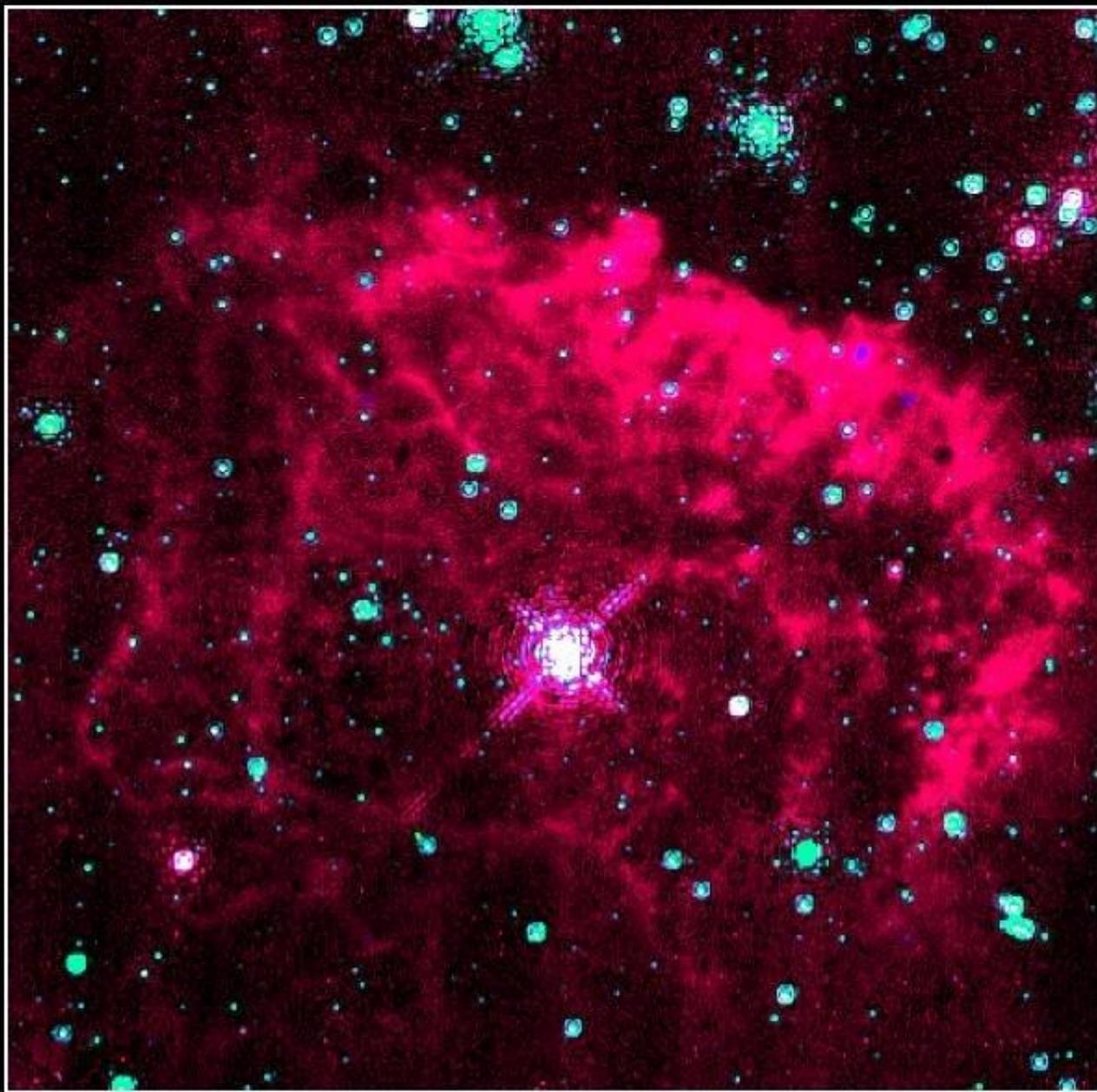
## Caratteristiche di Proxima

- E' una **flare-star**, cioè una stella con un'intensa attività superficiale
- Nell'arco di pochi minuti può aumentare la sua luminosità di molte volte
- Durante le esplosioni emette la stessa quantità di raggi X che emette il Sole, il che rende del tutto improbabile la presenza di vita su eventuali pianeti

## Pistol Nebula e stella

$M \sim 100-200 M_{\odot}$   
 $L > 10^7 L_{\odot}$   
 $d \sim 25000 \text{ a.l.}$

SN tra 2 Myr

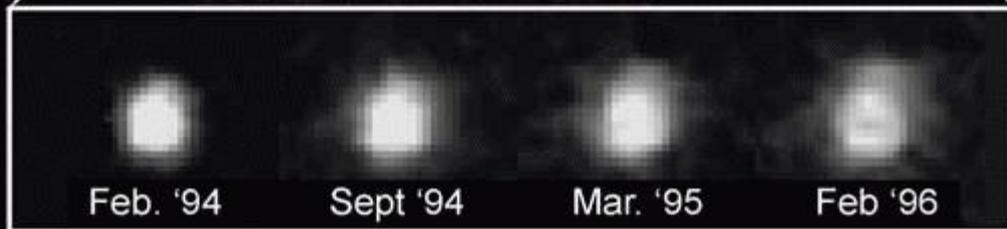
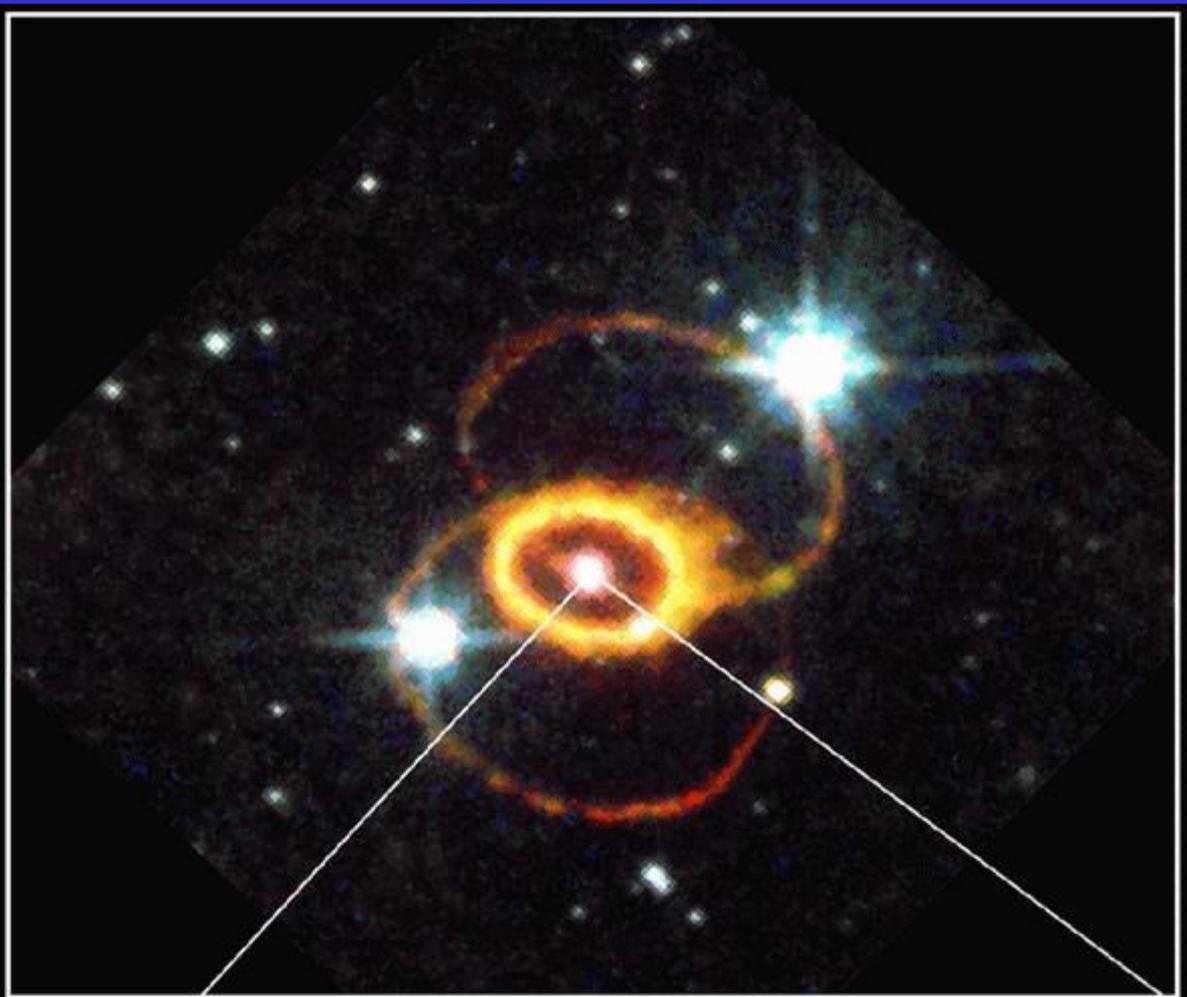


Una stella massiccia nella nebulosa "pistola" HST • NICMOS  
PRC97-33 • ST ScI OPO • D. Figer (UCLA) and NASA

SN 1987A

LMC

D=169000 a.l.



**Supernova 1987A**

HST . WFPC2

PRC97-03 • ST ScI OPO • January 14, 1997  
J. Pun (NASA/GSFC), R. Kirshner (CfA) and NASA