



Laboratorio di astronomia

di Massimo Banfi

A25 «Nova Milanese Observatory» (MB)

A36 «Osservatorio delle Prealpi Orobiche di Ganda (BG)»

C26 «Osservatorio Città di Seveso» (MB)

K49 «Wild Boar Remote Observatory» di San Casciano in Val di Pesa (FI)

Osservatorio del Liceo Scientifico Iris Versari di Cesano Maderno in Felizzano (AI)

Laboratorio di astronomia

Gestione remota di un telescopio

Google MEET – consente a più utenti di comunicare voce-video tramite PC, di vedere un desktop remoto e di accedere ai programmi installati su quel PC come se si fosse fisicamente presenti.

Per comunicazioni rapide, soprattutto per le osservazioni al telescopio, è utile creare un gruppo di **WHAT'S APP**.

Laboratorio di astronomia

Software gratuiti fondamentali

AstroArt 7.0 DEMO – consente la gestione remota dell'osservatorio, del telescopio del CCD (macchina fotografica) e l'analisi dei dati. Scaricabile gratuitamente qui:
http://www.msb-astroart.com/down_en.htm

Aladin Sky Atlas – Planetario professionale dell'ESO (European Southern Observatory) per cercare gli oggetti celesti e le loro coordinate. Scaricabile qui:
<https://aladin.u-strasbg.fr/>

Laboratorio di astronomia

Cosa osservare?

In Internet ci sono alcuni siti che propongono ai **non professionisti** dei programmi di ricerca e degli oggetti particolari da osservare.

Se i dati ottenuti sono di buona qualità, è possibile la loro pubblicazione in riviste internazionali e in appositi database che poi sono utilizzati dagli **astronomi professionisti** per le loro ricerche.

Laboratorio di astronomia

Cosa osservare?

- Noi faremo riferimento a tre siti specifici:
- **A.A.V.S.O.** (American Association of Variable Stars Observers), che studia le stelle variabili pulsanti e i quasars.
- **BRNO database** (Repubblica Ceca), che raccoglie misure di stelle binarie ad eclisse e di transiti di pianeti extrasolari.
- **M.P.C.** (Minor Planet Center di Harvard), che studia le posizioni degli asteroidi sulle loro orbite, in particolar modo quelli potenzialmente pericolosi per la Terra.
- E' anche possibile partecipare a programmi di ricerca specifici tramite la **collaborazione con Università ed Osservatori Astronomici professionali**

Laboratorio di astronomia

Progetto I: trovare le stelle in cielo con ALADIN

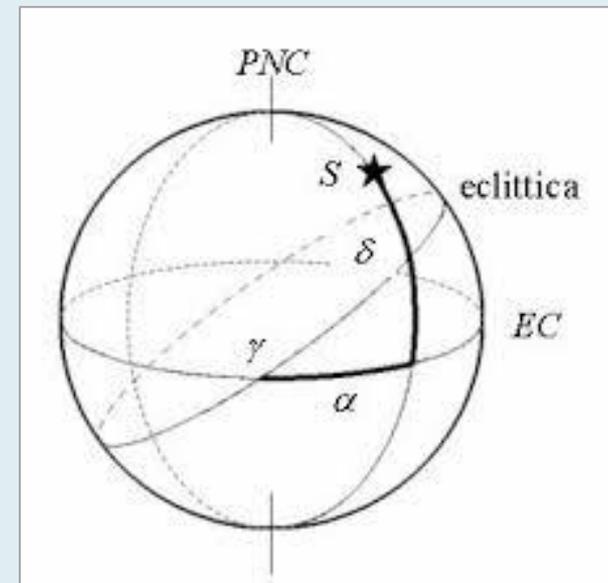
Individuata la stella che si vuole studiare, bisogna sapere dove cercarla in cielo. La posizione degli oggetti celesti è assegnata da una coppia di coordinate, l'**ascensione retta A.R.** e la **declinazione DEC** che sono l'analogo della Longitudine e della Latitudine sulla superficie terrestre. In figura sono chiamate α e δ .

Esempio: Coordinate Stella Polare

A.R.: 02h 41m 38.7s (in ore)

DEC: 89° 15' 51" (in gradi)

Il punto γ è l'intersezione tra l'equatore celeste e l'eclittica (il percorso apparente del Sole in cielo) ed è l'origine delle A.R.



Laboratorio di astronomia

Progetto I: trovare le stelle in cielo con ALADIN

Segue un prospetto delle stelle principali della costellazione dell'Orsa Maggiore

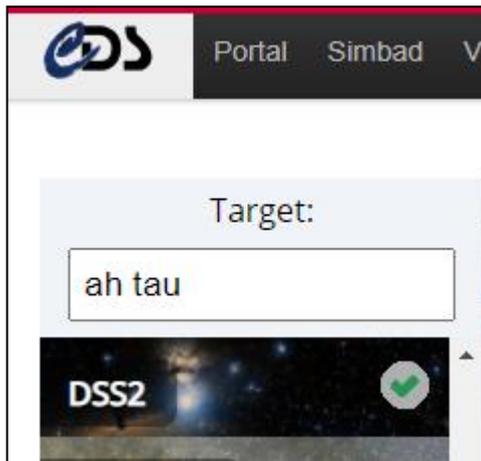
Nome	Designazioni				Coordinate	
	B	F	HD	HIP	AR	Dec
ϵ UMa	ϵ	77	112185	62956	12 ^h 54 ^m 01.63 ^s	+55° 57' 35.4"
α UMa	α	50	95689	54061	11 ^h 03 ^m 43.84 ^s	+61° 45' 04.0"
η UMa	η	85	120315	67301	13 ^h 47 ^m 32.55 ^s	+49° 18' 47.9"
Mizar	ζ	79	116656	65378	13 ^h 23 ^m 55.42 ^s	+54° 55' 31.5"
β UMa	β	48	95418	53910	11 ^h 01 ^m 50.39 ^s	+56° 22' 56.4"
γ UMa	γ	64	103287	58001	11 ^h 53 ^m 49.74 ^s	+53° 41' 41.0"
ψ UMa	ψ	52	96833	54539	11 ^h 09 ^m 39.86 ^s	+44° 29' 54.8"
μ UMa	μ	34	89758	50801	10 ^h 22 ^m 19.80 ^s	+41° 29' 58.0"
ι UMa	ι	9	76644	44127	08 ^h 59 ^m 12.84 ^s	+48° 02' 32.5"
θ UMa	θ	25	82328	46853	09 ^h 32 ^m 52.33 ^s	+51° 40' 43.0"

Laboratorio di astronomia

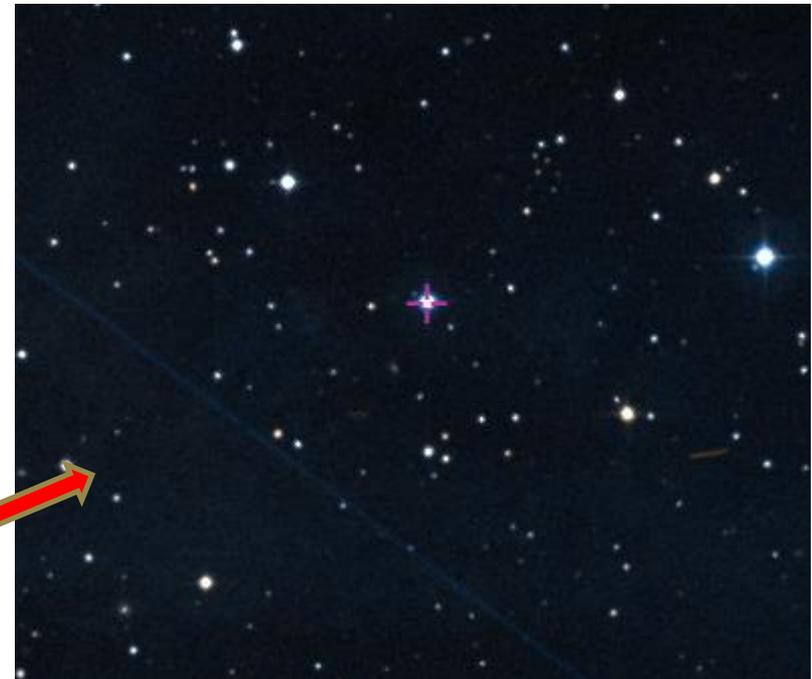
Progetto I: trovare le stelle in cielo con ALADIN

Supponiamo di cercare la stella AH TAU (la stella AH della costellazione del Toro, *Taurus* in latino).

Apriamo ALADIN e inseriamo il nome della stella (ad esempio AH TAU) in alto a sinistra, alla voce TARGET.



Si dia ENTER. Comparirà quindi il campo stellare centrato sulla stella cercata

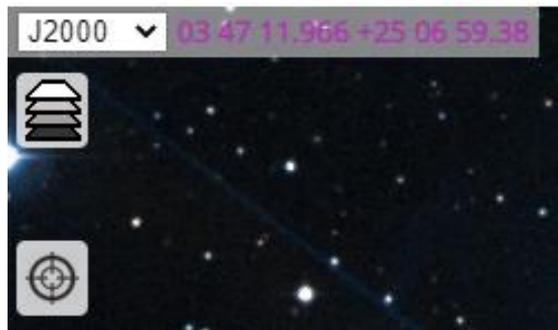


Laboratorio di astronomia

Progetto I: trovare le stelle in cielo con ALADIN

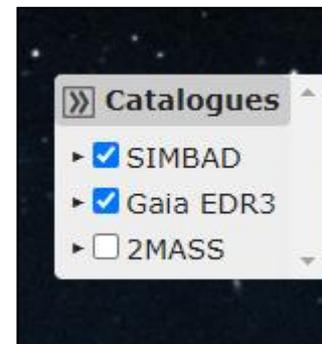
In alto a sinistra appariranno le coordinate A.R. e DEC che, tra l'altro, potranno essere usate per **puntare il telescopio**.

Le dimensioni del campo inquadrato possono essere regolate con il mouse.



Se si abilitano i cataloghi nel riquadro di destra (bastano Simbad e Gaia) si può accedere alle principali informazioni, tra cui: le coordinate in forma decimale, la magnitudine nelle bande B,V,R (o in quelle J,H,K) e il valore della parallasse PLX

plx	4.2829
pmra	-35.10
pmdec	-55.46
size_maj	
size_min	
size_angle	
B	11.590
V	11.070
R	11.090
J	10.279
H	9.917
K	9.899
u	
g	
r	



Laboratorio di astronomia

Progetto 2: il giorno giuliano

Il **giorno giuliano (Julian Day, JD)** è il numero di giorni passati dal **mezzogiorno (di Greenwich) del lunedì 1° gennaio 4713 a.C.**

I vantaggi sono:

- .) è decimale e non ha anni bisestili
- .) il giorno inizia a mezzodì, quindi non si ha cambiamento di data a mezzanotte, proprio durante le osservazioni
- .) è precedente ad ogni avvenimento storico-astronomico noto.

Il 15 novembre 2016 alle ore 23.00.00 la data giuliana è **2457708.45833**
(talvolta si trascura il 24...e si scrive 57708.45833)

Laboratorio di astronomia

Progetto 2 : calcolare il tempo trascorso tra due date

Il sito dell'A.A.V.S.O. (American Association of Variable Stars Observers) mette a disposizione un'applicazione per convertire le date dal giorno civile a quello giuliano e viceversa a questo indirizzo:

<https://www.aavso.org/jd-calculator>

The screenshot displays two conversion tools. The top tool is for converting Julian Day (JD) to Universal Time (UT). It features a text input field containing the value '2458813.45951' and a 'Convert to UT' button. The bottom tool is for converting a date and time to Julian Day (JD). It includes input fields for Year (2018), Month (January), Day (20), Hour (12), Min (22), and Sec (21), along with a 'Convert to JD' button.

Laboratorio di astronomia

Progetto 2 : calcolo del tempo trascorso tra due date

Usando l'applicazione, calcolo la data giuliana corrispondente a:

15 marzo 2002 - 23h 18m 43s		2452349.47133 JD
08 gennaio 2011 - 21h 33m 51s		2455570.39851 JD

I giorni trascorsi tra le due date sono ottenibili tramite una semplice differenza (possiamo omettere il 24) in quanto i numeri sono decimali:

$$55570.39851 - 52349.47133 = 3220.92718 \text{ giorni}$$

La parte decimale fornisce ore, minuti e secondi:

$$\begin{aligned} 0.92718 \times 24 \text{ ore} &= 22.25232 \text{ ore} \\ 0.25232 \times 60 \text{ minuti} &= 15.1392 \text{ minuti} \\ 0.1392 \times 60 \text{ secondi} &= 08.35 \text{ secondi} \end{aligned}$$

Tra le due date sono trascorsi 3220 giorni 22 ore 15 minuti 8 secondi

Laboratorio di astronomia

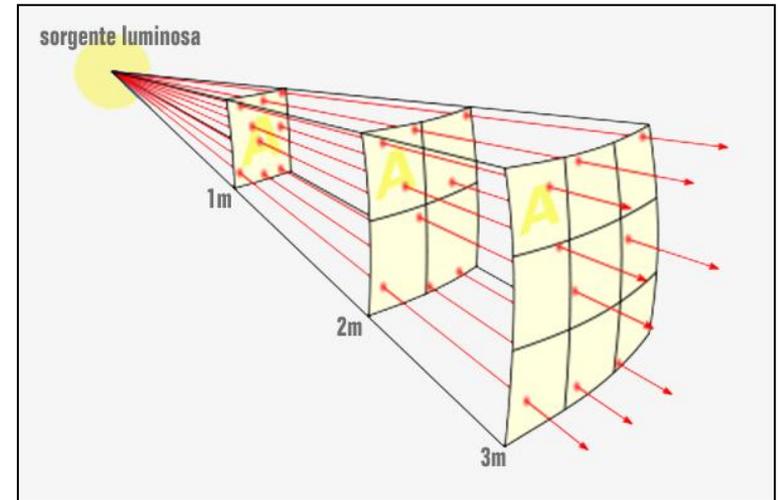
Progetto 3: misurare la luce delle stelle

Si definisce **Luminosità** L di una stella l'energia totale E emessa al secondo in ogni direzione (si misura in watt)

$$L = \frac{E}{\Delta t}$$

L'energia totale, se misurata in un punto a distanza R dalla sorgente, risulta diluita sulla superficie di una sfera di raggio R .

Si chiama **intensità luminosa** I (o **flusso luminoso**) la frazione di energia totale che arriva ogni secondo all'osservatore (telescopio, occhio, CCD) posto a distanza R dalla sorgente $\left(\frac{\text{watt}}{\text{m}^2}\right)$ su un metro quadro di superficie.



$$I = \frac{L}{4\pi R^2}$$



Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle

Ma in astronomia si usa una grandezza chiamata **magnitudine**.

Infatti, fino al II secolo avanti Cristo, si pensava che le stelle fossero incastonate sulla superficie interna di un'enorme sfera, tutte alla stessa distanza. Quindi era logico pensare che le stelle più brillanti fossero anche quelle più grandi. L'astronomo greco **Ipparco di Nicea** catalogò un migliaio di stelle, sulle circa 6000 visibili ad occhio nudo, in base alla loro luminosità. Utilizzò una scala, detta **scala delle magnitudini** o delle **grandezze**, (dal latino *magnitudo* = *grandezza*) dalla prima magnitudine fino alla sesta.

Il criterio era quello di catalogare le stelle più brillanti come stelle di prima magnitudine, fino ad arrivare alla sesta magnitudine, la classe a cui appartengono stelle debolissime, visibili solo da un uomo dotato di ottima vista. In questa classificazione più è alto il valore di magnitudine, minore è la luminosità della stella (relazione inversa).

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle

L'intensità luminosa I che ci proviene da una stella è la quantità di energia al secondo che viene raccolta dall'osservatore su un metro quadro di superficie.

La magnitudine strumentale di una stella è legata all'intensità luminosa I secondo questa relazione logaritmica, così definita:

$$m_{strumentale} = -2,5 * \log_{10} I$$

Il logaritmo risponde alla necessità di far corrispondere la scala delle magnitudini a quanto «visto» dall'occhio umano, che lavora dal punto di vista «fisiologico» in modalità logaritmica.

Il segno negativo ha giustificazioni storiche, nel senso che si è cercato di collegare la scala moderna a quella di **Ipparco** che assegnava i valori più alti di magnitudine agli oggetti più deboli (relazione logaritmica inversa).

La magnitudine strumentale così definita dipende però dal telescopio, dalla CCD e dal tempo di posa. Serve una definizione più oggettiva...

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle

Nel 1856, Pogson si accorse che una stella di prima magnitudine risultava essere circa 100 volte più luminosa di una stella di sesta magnitudine.

Perciò, una stella di prima magnitudine si trova a essere circa 2,5 volte più luminosa di una stella di seconda, che a sua volta è 2,5 volte più luminosa di una di terza e così via... Ogni 5 magnitudini c'è una variazione di luminosità pari a 100. Infatti: $2,5^5 \cong 100$.

Tutto ciò si può esprimere matematicamente dando la seguente definizione di magnitudine (detta RELAZIONE DI POGSON), dove I rappresenta l'intensità luminosa delle 2 stelle considerate (energia misurata dall'osservatore al secondo su metro quadro):

$$m_1 = m_2 - 2,5 * \log_{10} \frac{I_1}{I_2}$$

In questo modo, due stelle di luminosità relativa pari a 100 sono separate da 5 magnitudini, in accordo con la scala antica di Ipparco. Inoltre, **la differenza di magnitudini è ora una quantità oggettiva, anche se ancora solo visuale.**

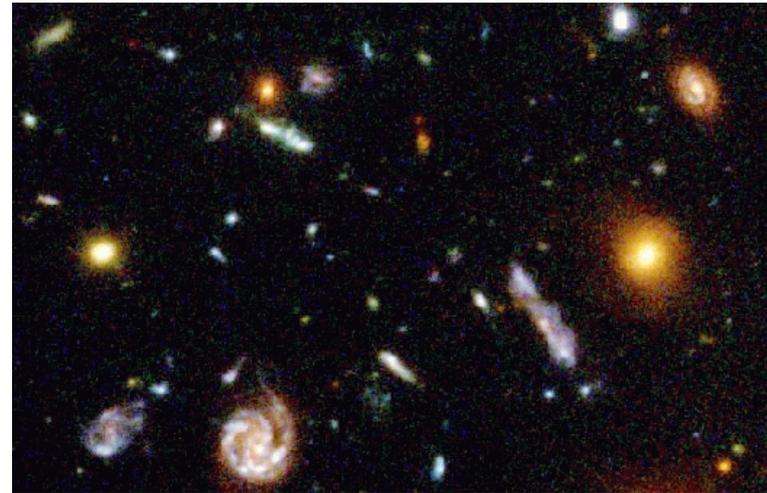
Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle

La scala di magnitudini di Ipparco andava da 1 a 6 (le stelle al limite della visibilità). Gli oggetti più deboli rivelati dal telescopio spaziale Hubble (foto a lato) hanno circa magnitudine $m = +30$.

Con la scala moderna, la stella più luminosa del cielo, Sirio, viene ad assumere una magnitudine negativa $m = -1,5$.

Il telescopio scolastico, sotto buoni cieli, può arrivare a $m = +20$



Sotto un cielo di montagna la magnitudine limite **ad occhio** nudo è pari a $m = +6$.

In città, causa l'inquinamento luminoso, non si supera $m = +3$

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle

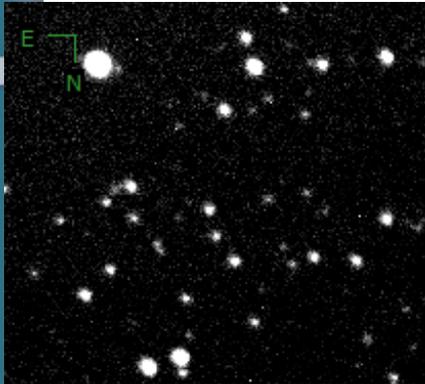
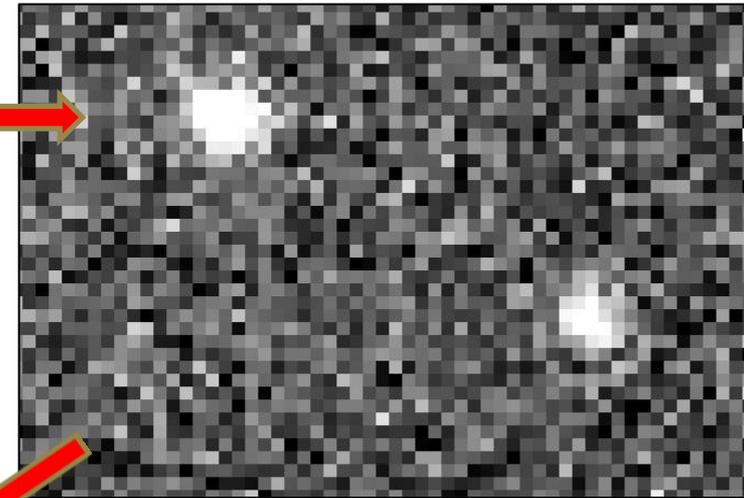


Immagine digitale
ingrandita:
si vedono i pixel

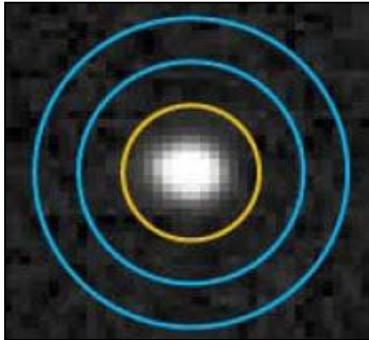


3912	3848	3877	3896	3873	3884	3865	3921	3901
3934	3893	3935	3862	3946	3844	3875	3869	3840
3880	3876	3838	3930	3939	3798	3916	3888	3908
3941	3886	3885	3933	3880	3881	3930	3921	3928
3873	3885	3883	3883	3972	3824	3837	3905	3937
3804	3927	3924	3879	3880	3794	3930	3870	3912
3902	3986	3870	3928	3887	3817	3861	3910	3837
3956	3861	3812	3854	3842	3878	3865	3925	3902
3905	3874	3892	3855	3840	3924	3854	3956	3877
3921	3914	3876	3845	3930	3946	3888	3918	3880
3907	3880	3930	3924	3969	3948	3917	3875	3877
3867	3794	3912	3912	3861	3842	3808	3825	3889
3855	3899	3935	3841	3860	3865	3892	3951	3918
3949	3865	3854	3864	3906	3846	3870	3876	3838
3902	3867	3836	3928	3837	3908	3857	3833	3876
3918	3932	3853	3894	3864	3904	3879	3883	3854
3885	3910	3879	3904	3863	3857	3859	3893	3882
3960	3885	3865	3921	3848	3941	3847	3916	3859
3928	3874	3901	3862	3870	3875	3866	3849	3886

L'intensità I registrata dal
singolo pixel è espressa in
ADU (Unità Analogico Digitali)
in una scala che va da 0 a 65536
(16 bit = 2^{16})

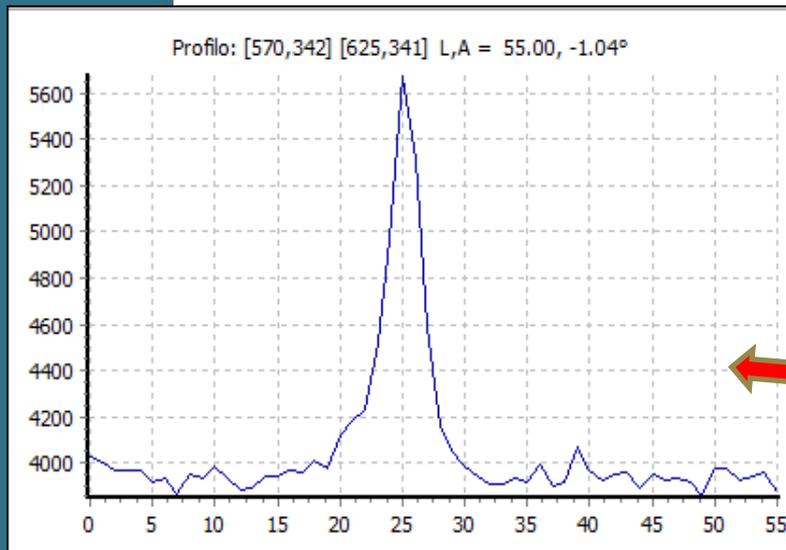
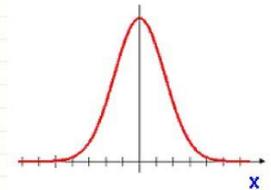
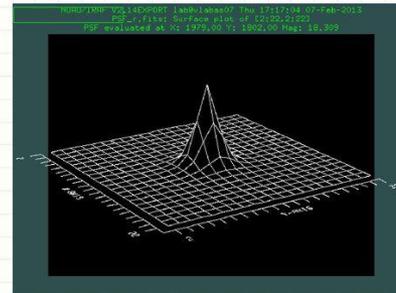
Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle

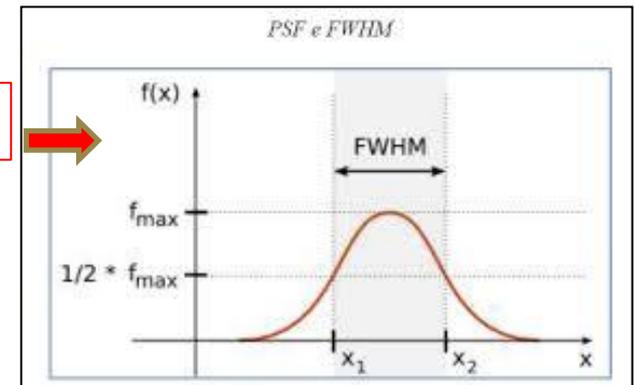


Fotometria di PSF

La funzione PSF (Point Spread Function) rappresenta il modello tipico della distribuzione della luce di una sorgente puntiforme. L'immagine è approssimativamente una gaussiana tridimensionale.



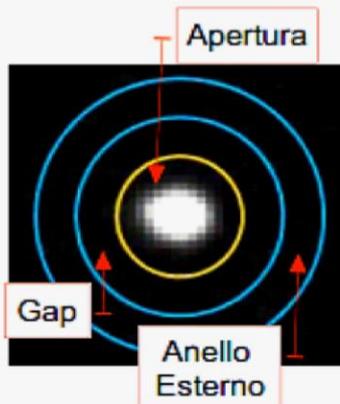
Curva gaussiana



Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle
(magnitudine) a partire dalla loro intensità (o flusso)

Fotometria di Apertura (la magnitudine strumentale)



La fotometria d'apertura consiste nel misurare il flusso luminoso di una stella all'interno di un' apposita area denominata **apertura**.

L'apertura misura il contributo della **stella** più il fondo cielo. L'anello esterno misura solo il **fondo cielo**.

Tipicamente il diametro dell'apertura dovrà essere 2-3 volte la **FWHM** (misurata su diverse stelle).

Magnitudine strumentale

$$m_{\text{strumentale}} = -2.5 \cdot \log(ADU_{\text{apertura}} - ADU_{\text{cielo}})$$

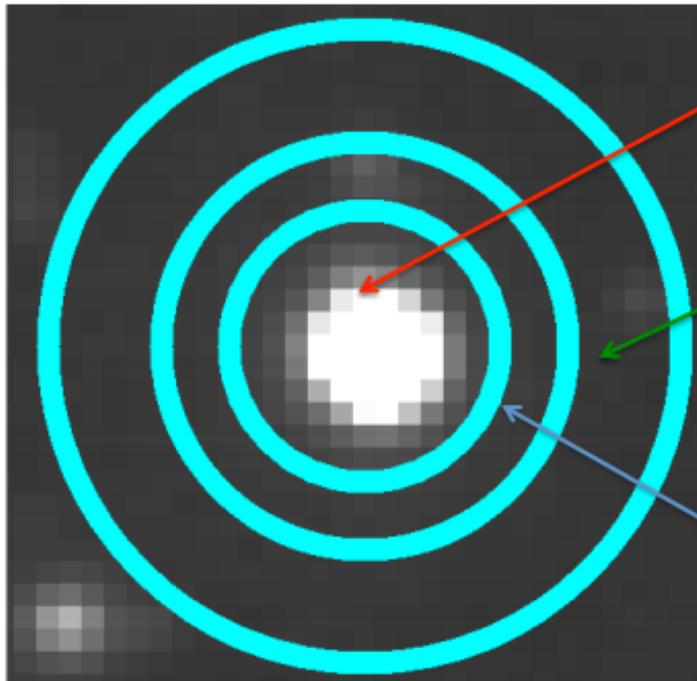
La magnitudine strumentale è influenzata dal setup, dalla sessione osservativa e dall' altezza dell'oggetto.

```
Es:  stella+fondocielo = 30504 ADU
      fondocielo      = 11984 ADU
      stella          = (30504-11984) = 18520 ADU
Magnitudine strumentale = -2.5 * log10(18520) = -10.67
```

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle

Fotometria d'apertura: lo strumento fotometrico



Il **SEGNALE S** è dato da:

Qui viene misurato **TUTTO**:
somma totale degli ADU di
tutti i pixel contenuti nel
cerchio

Qui è misurato il background
del fondo-cielo: si ottiene il
valore medio B.

Più è grande meglio viene
misurato il background.

Ma attenzione a non “infilarci”
stelle !

Corona circolare di
separazione per non
“contaminare” il background
con il segnale della stella

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luce delle stelle. La magnitudine strumentale

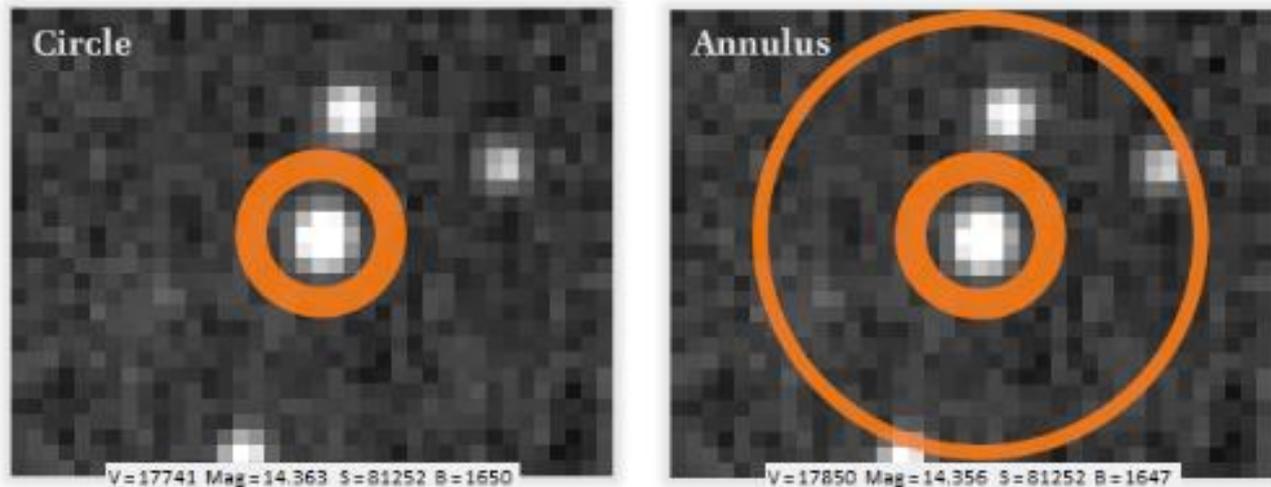
La magnitudine calcolata dalle immagini riprese al telescopio è una **MAGNITUDINE STRUMENTALE**: dipende dal telescopio, dal cielo locale (che non è perfettamente buio, anzi!), dai sensori usati....

Usiamo il software AstroArt per eseguire il calcolo.

- Apriamo l'immagine di un campo stellare fotografato dal nostro telescopio.
- Per migliorarne la visibilità, può essere utile usare il tasto destro del mouse e dal menù contestuale scegliere **SOGLIE DI VISUALIZZAZIONE – AUTO**.
- Se utile, zommare la foto e centrare la stella studiata.
- Entrare nel menù **STRUMENTI - FOTOMETRIA D'APERTURA** e scegliere il raggio dei tre cerchi fotometrici centrando l'oggetto e spostando il mouse in modo che la stella che interessa sia tutta compresa nel primo cerchio. Dare OK.

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la magnitudine strumentale con AA7



Nella parte bassa della finestra compaiono dei valori:

B = background è la luminosità di un pixel del fondo cielo (1647 ADU)

S = signal, è la somma di tutti i valori nel primo cerchio e fornisce l'intensità in ADU della stella più il fondo cielo sottostante (81252 ADU)

V = value, è il valore netto (meno il fondo cielo) dell'intensità stellare misurata in ADU (17850 ADU)

$$m_{strumentale} = -2,5 * \log_{10}(ADU_{stella} - ADU_{fondocielo})$$

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la magnitudine apparente

Per passare dalla magnitudine STRUMENTALE alla magnitudine APPARENTE di una stella secondo la scala di Pogson, quello che serve è una stella di riferimento di cui sia nota a priori la magnitudine.

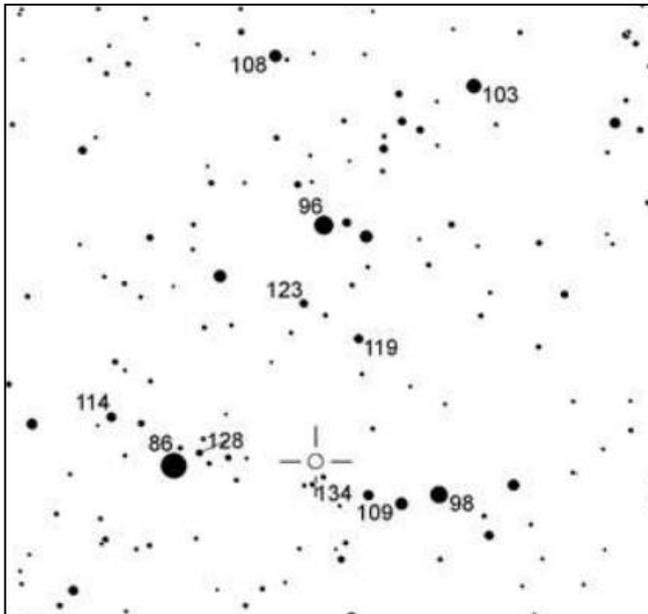
Nel campo di vista che contiene la stella da studiare ci sono in genere parecchie altre stelle di magnitudine APPARENTE nota, i cui valori possono essere ottenuti dalle cartine stellari di riferimento o da atlanti digitalizzati come **ALADIN**.

Nota la magnitudine della stella di riferimento, la relazione di Pogson permette poi il calcolo della magnitudine APPARENTE della stella ignota.

$$m_{\text{apparente}} = m_{\text{riferimento}} - 2,5 * \log_{10} \left(\frac{I_{\text{apparente ADU}}}{I_{\text{riferimento ADU}}} \right)$$

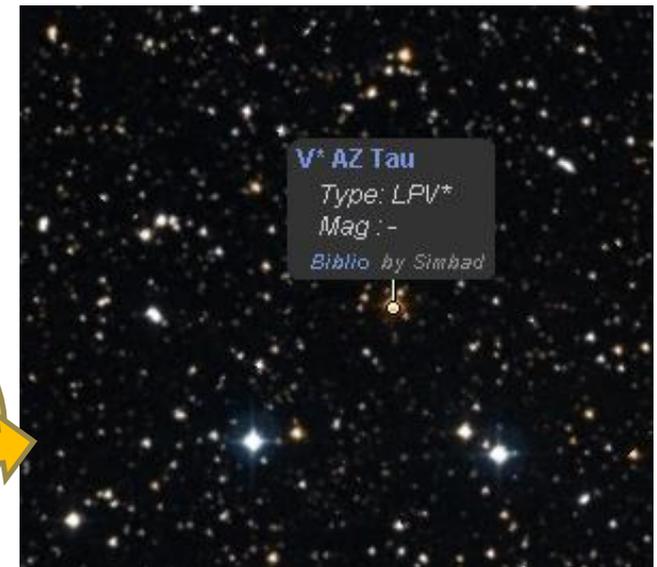
Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la magnitudine apparente



A fianco ad alcune stelle è visibile un numero che esprime la loro magnitudine apparente

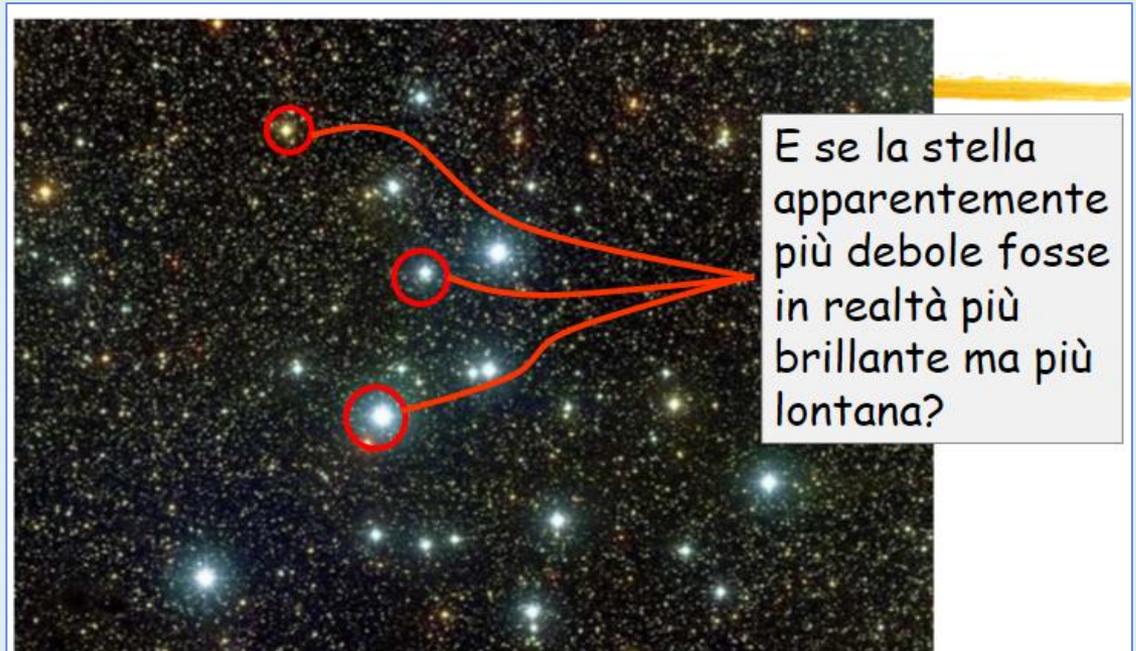
Queste cartine si trovano in appositi siti web, come l'A.A.V.S.O. In alternativa, si possono usare i cataloghi contenuti in VIZIER e utilizzabili in ALADIN



Laboratorio di astronomia

...ma c'è un problema !

La magnitudine apparente di una stella è sicuramente utile per misurare le variazioni di luminosità degli astri, ma **NON** ci dice nulla sulla luminosità **VERA** dell'oggetto !!!! A tal fine, bisogna conoscere la **DISTANZA**.



Laboratorio di astronomia

Progetto 3: dalla luminosità alla distanza delle stelle

La **magnitudine APPARENTE** non esprime, quindi, la vera luminosità della stella in quanto essa dipende dalla distanza: infatti, ci appare più intensa una piccola stella vicina che una grande stella posta molto, ma molto più lontano...

Definisco **magnitudine ASSOLUTA** di una stella la sua magnitudine apparente quando è posta ad una distanza convenzionale di 10 parsec (pari a 32,6 anni luce).

La magnitudine ASSOLUTA esprime la **VERA** intensità luminosa della stella in rapporto alle altre, perché ottenuta considerando **tutte le stelle alla stessa distanza!**

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la DISTANZA di una stella

Sia m = magnitudine APPARENTE (nota, perché misurata al telescopio)
 M = magnitudine ASSOLUTA (ignota, perché dipende dalla distanza)
 D = distanza in parsec (1 parsec = 3,26 anni luce)

Vale allora la relazione:

$$m - M = 5 * \log_{10}(D) - 5$$

Quindi, se conosco D ricavo M e viceversa!

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la LUMINOSITA' ASSOLUTA di una stella

Se di due stelle conosco la magnitudine assoluta M , posso esprimere la Luminosità assoluta (cioè l'energia totale emessa) di una delle due rispetto all'altra.

Basta ricordarsi che per ogni differenza di una magnitudine, l'Intensità e la luminosità di due stelle aumenta di un fattore pari a 2,5 (in realtà la costante sarebbe 2,512) . Per cui si ha:

$$\frac{L_1}{L_2} = 2,5^{M_2 - M_1}$$

Può essere interessante confrontare la luminosità delle stelle con quella del Sole, la cui magnitudine assoluta è: $M = 4,83$ (in V), $M = 5,84$ (in B).

La luminosità del Sole è pari a $L = 3,9 * 10^{26} \text{ watt}$

Laboratorio di astronomia

Progetto 3: misurare la luminosità di una stella e la distanza

RIASSUMENDO: dall'analisi delle foto digitali riprese ad un telescopio si può ricavare la magnitudine strumentale di una stella.

$$m_{strumentale} = -2,5 * \log_{10}(ADU_{stella} - ADU_{fondocielo})$$

Il valore della magnitudine di una stella di riferimento, dedotto dalle cartine stellari o da ALADIN (e attribuendo il valore suggerito a una o più stelle di riferimento REF1, REF2, REF3...) consente di trovare la magnitudine apparente della stella studiata.

$$m_{apparente} = m_{riferimento} - 2,5 \log_{10} \left(\frac{I_{apparente}}{I_{riferimento}} \right)$$

Se è nota la distanza D , si può trovare la magnitudine assoluta e in seguito il rapporto tra le luminosità assolute delle due stelle.

$$M_{assoluta} = m_{apparente} + 5 - 5 * \log_{10} D$$

$$\frac{L_1}{L_2} = 2,512^{M_2 - M_1}$$

Laboratorio di astronomia

Progetto 4: come misurare la distanza di una stella? Le stelle variabili di tipo RR Lyr

Le stelle variabili di tipo RR Lyrae sono oggetti molto simili tra loro e hanno una particolarità estremamente importante: la loro magnitudine assoluta M è costante, ed è sempre compresa tra 0,6 e 0,7 (principalmente 0,6).

Ricavare la loro distanza risulta, quindi, molto semplice, attraverso la seguente formula, già nota, ponendo $M_{assoluta} = 0,6$

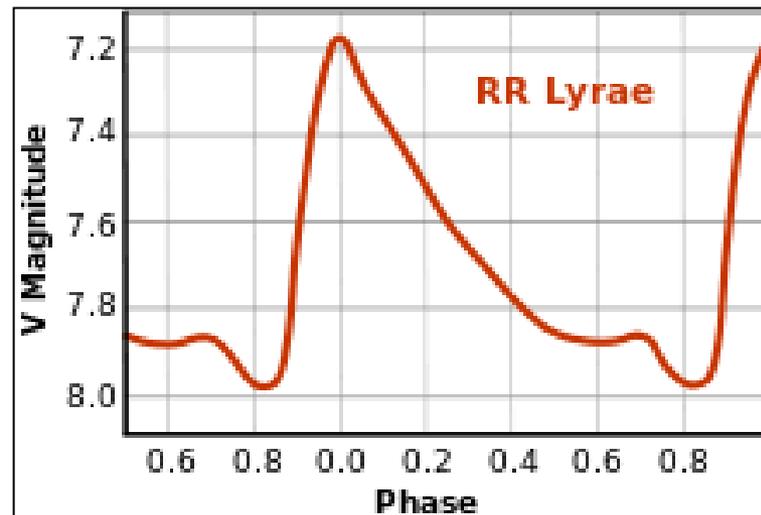
$$M_{assoluta} = m_{apparente} + 5 - 5 * \log_{10} D$$

$$0,6 = m_{apparente} + 5 - 5 * \log_{10} D$$

Laboratorio di astronomia

Progetto 4: come riconoscere le stelle RR Lyrae?

Le stelle variabili di tipo RR Lyrae si riconoscono dal breve periodo (minore di uno o due giorni) e dalla loro curva di variabilità luminosa che ha l'andamento seguente (ripida salita al massimo e discesa più lenta):



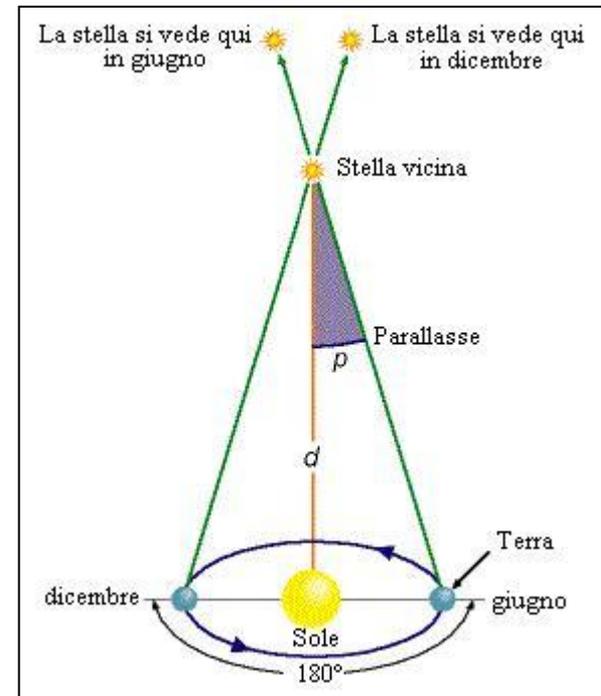
Laboratorio di astronomia

Progetto 4: misurare la distanza con la parallasse (PLX)

Poiché la Terra orbita attorno al Sole, le stelle non troppo lontane sono viste in due posizioni leggermente diverse se osservato a distanza di 6 mesi.

L'angolo p rappresentato in figura si chiama **angolo di parallasse** ed è in genere piccolissimo (l'oscillazione apparente della stella è invisibile ad occhio nudo ed è una delle prove storiche a favore del movimento della Terra attorno al Sole, quindi della teoria eliocentrica).

Il satellite GAIA è riuscito però ad ottenere questo valore per circa 2 miliardi di stelle.



Laboratorio di astronomia

Progetto 4: misurare la distanza con la parallasse (PLX)

Detta TS la distanza Terra Sole, pari al raggio dell'orbita terrestre (in figura) e D la distanza della stella, per le proprietà dei triangoli rettangoli, vale:

$$TS = D \operatorname{tg}(p)$$

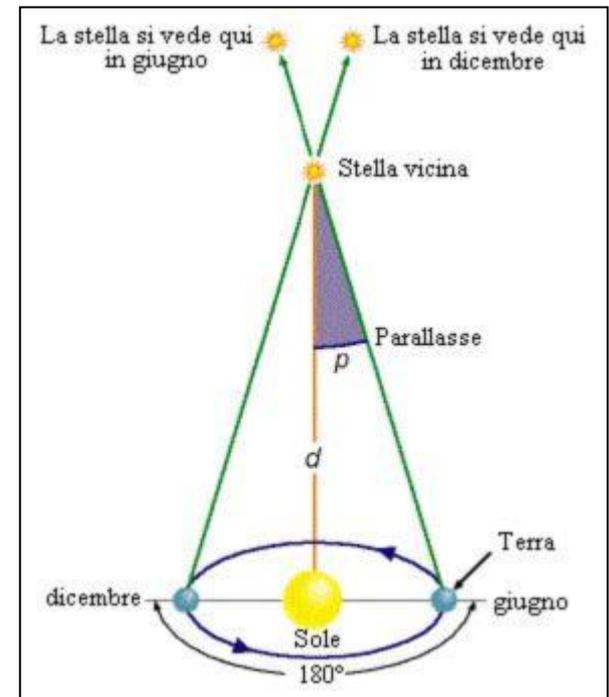
Misurando (p) in radianti, essendo il suo valore piccolissimo, si può porre:

$$\operatorname{tg}(p) \sim p$$

$$D = \frac{1}{p}$$

Il valore di TS vale 1 se si misura la distanza D in parsec, dove

$$1 \text{ parsec} = 3,26 \text{ anni luce}$$



Se per una stella $p = 0,075$
La sua distanza sarà
 $D = 1/0,075$ parsec = 43,5 anni luce

Laboratorio di astronomia

Progetto 4: misura dei parametri stellari. La luminosità assoluta

Se si riesce a calcolare la distanza D di una stella, allora è nota anche la sua magnitudine assoluta M .

Dal suo confronto con la magnitudine assoluta solare ($M_{Sole} = +4,83$) si può ottenerne la sua luminosità assoluta in rapporto al Sole esplicitando opportunamente l'equazione sottostante.

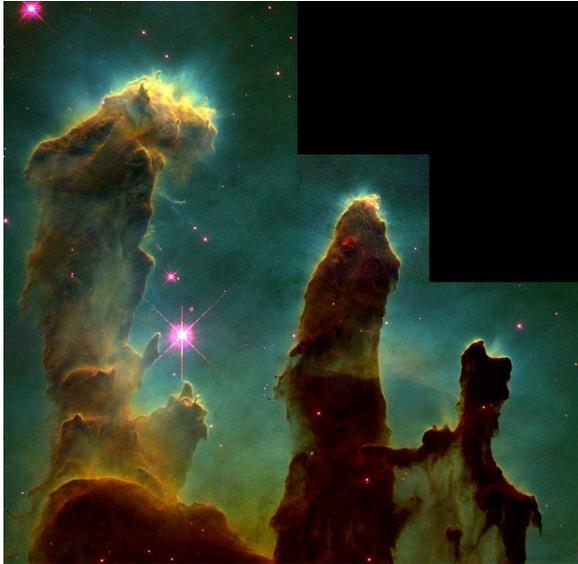
$$\frac{L_1}{L_2} = 2,512^{M_2 - M_1}$$

Si ricordi che la Magnitudine assoluta è la magnitudine che avrebbe una stella posta alla distanza convenzionale di 10 parsec = 32,6 anni luce.

Laboratorio di astronomia

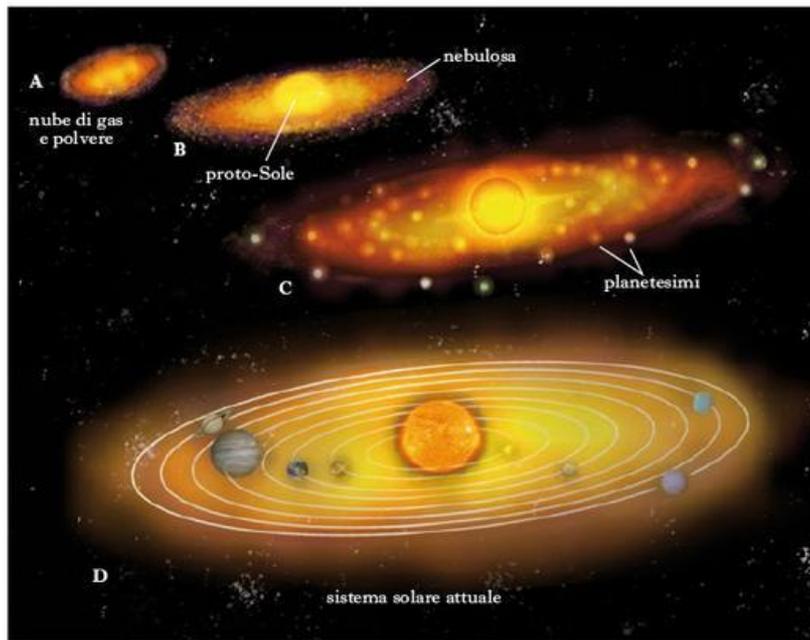
La sequenza principale

Dalle nebulose si formano le stelle per
contrazione gravitazionale...



Laboratorio di astronomia

La sequenza principale



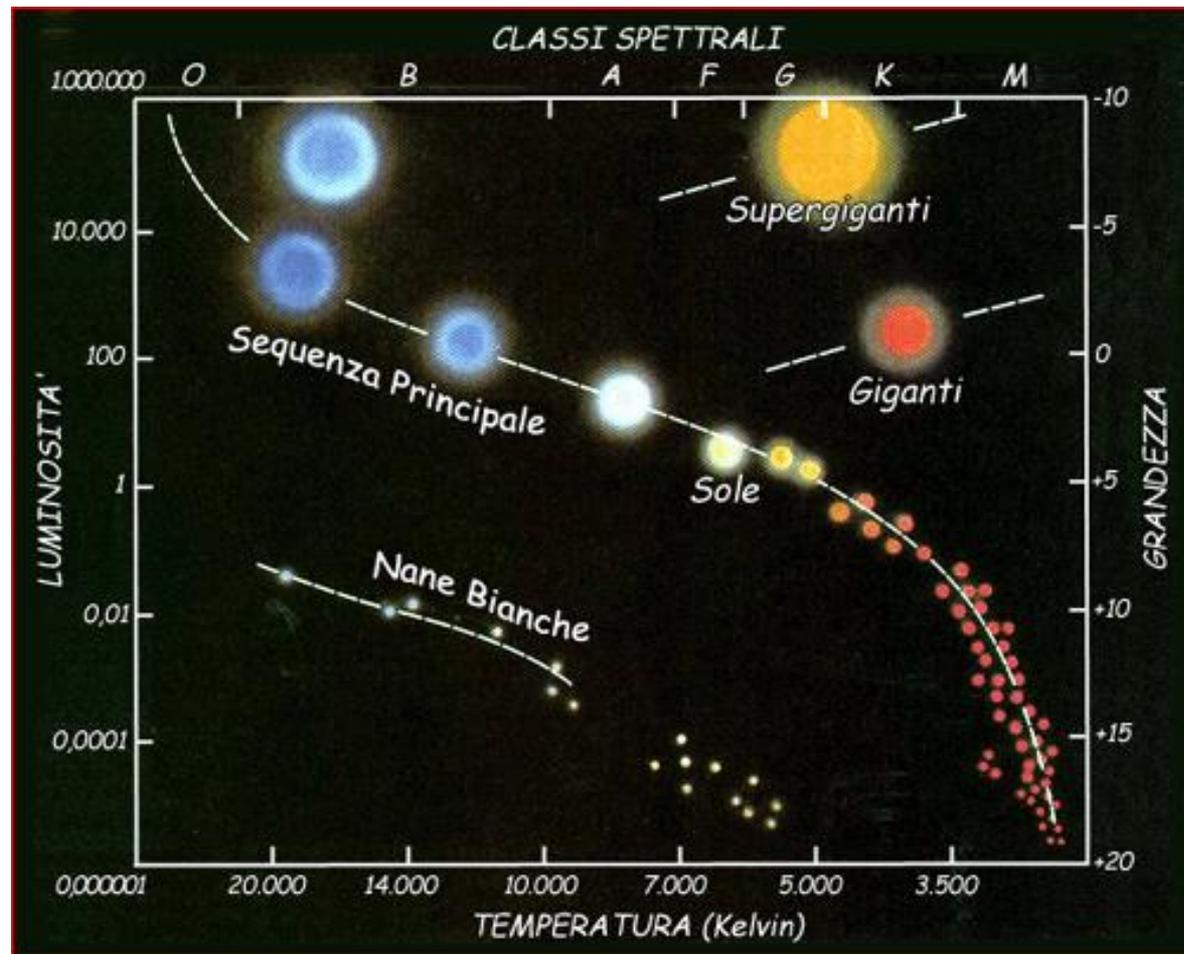
Dalle nebulose si formano le stelle per contrazione gravitazionale...

Nelle «Pleiadi» si vede ancora il bozzolo nebulare attorno alle giovani stelle nate recentemente (meno di 100 milioni d'anni!)



Laboratorio di astronomia

Il diagramma H-R: la sequenza principale



Laboratorio di astronomia

Il diagramma H-R: la sequenza principale

Il diagramma H-R mette in evidenza come le dimensioni, il colore, la temperatura e la luminosità delle stelle siano tra loro correlate.

In modo particolare, il colore della stella evidenzia la sua temperatura superficiale:

Le stelle meno calde sono di colore rosso	3500 K
Le stelle di temperatura media sono gialle	6000 K (come il Sole)
Le stelle calde sono di colore bianco	7000 K – 10000 K
Le stelle molto calde sono blu-azzurre	10000 K – 30000 K

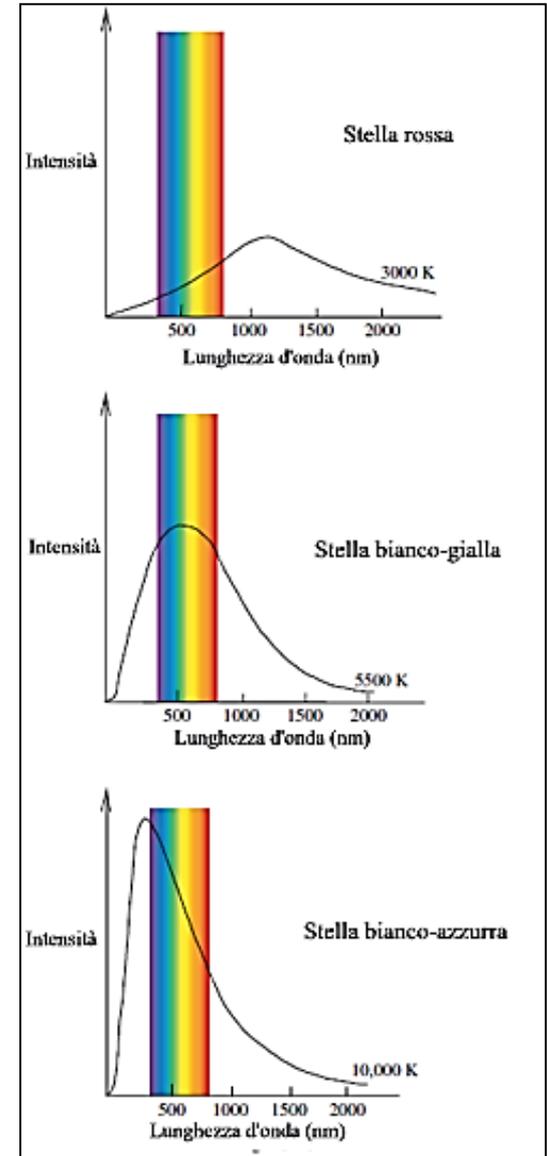
Laboratorio di astronomia

Progetto 5: misura dei parametri stellari.

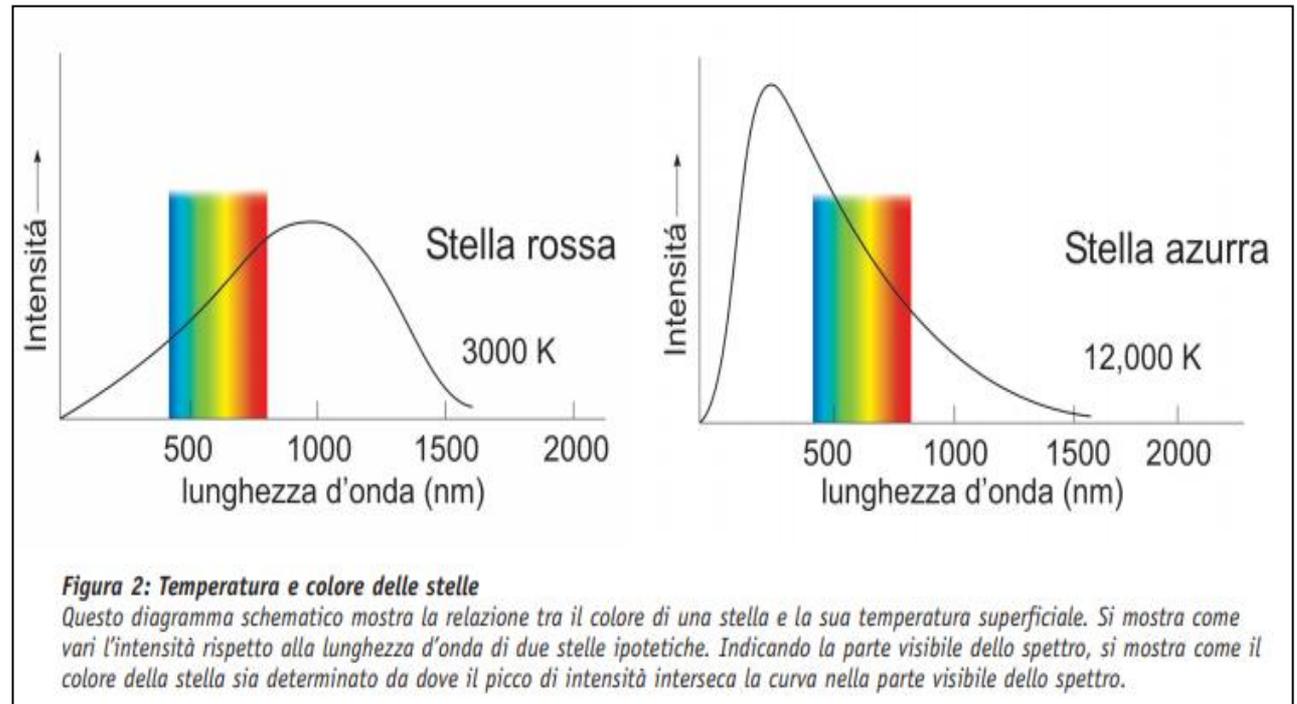
La lunghezza d'onda massima (colore)

Secondo la **Legge di Wien**, il picco di lunghezza d'onda al quale un corpo si trova ad emettere la maggior parte della propria radiazione è dato, in nanometri, da 2.900.000 diviso la temperatura superficiale in Kelvin del corpo stesso, cioè:

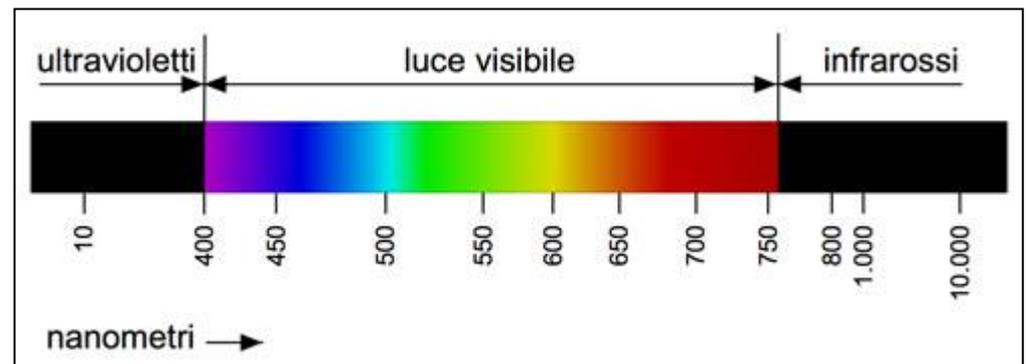
$$\lambda_{\text{picco}} = \frac{2,9 \cdot 10^6}{T} \text{ nanometri}$$



Laboratorio di astronomia



Il valore di λ_{picco} calcolato con la Legge di Wien attribuisce di fatto il COLORE alla stella.



Laboratorio di astronomia

Progetto 5: misura dei parametri stellari. La temperatura

Vi è una precisa relazione tra la temperatura superficiale T (in Kelvin) di una stella ed il suo **indice di colore** $B-V = m_B - m_V$.
In forma approssimata essa è esprimibile dall'equazione:

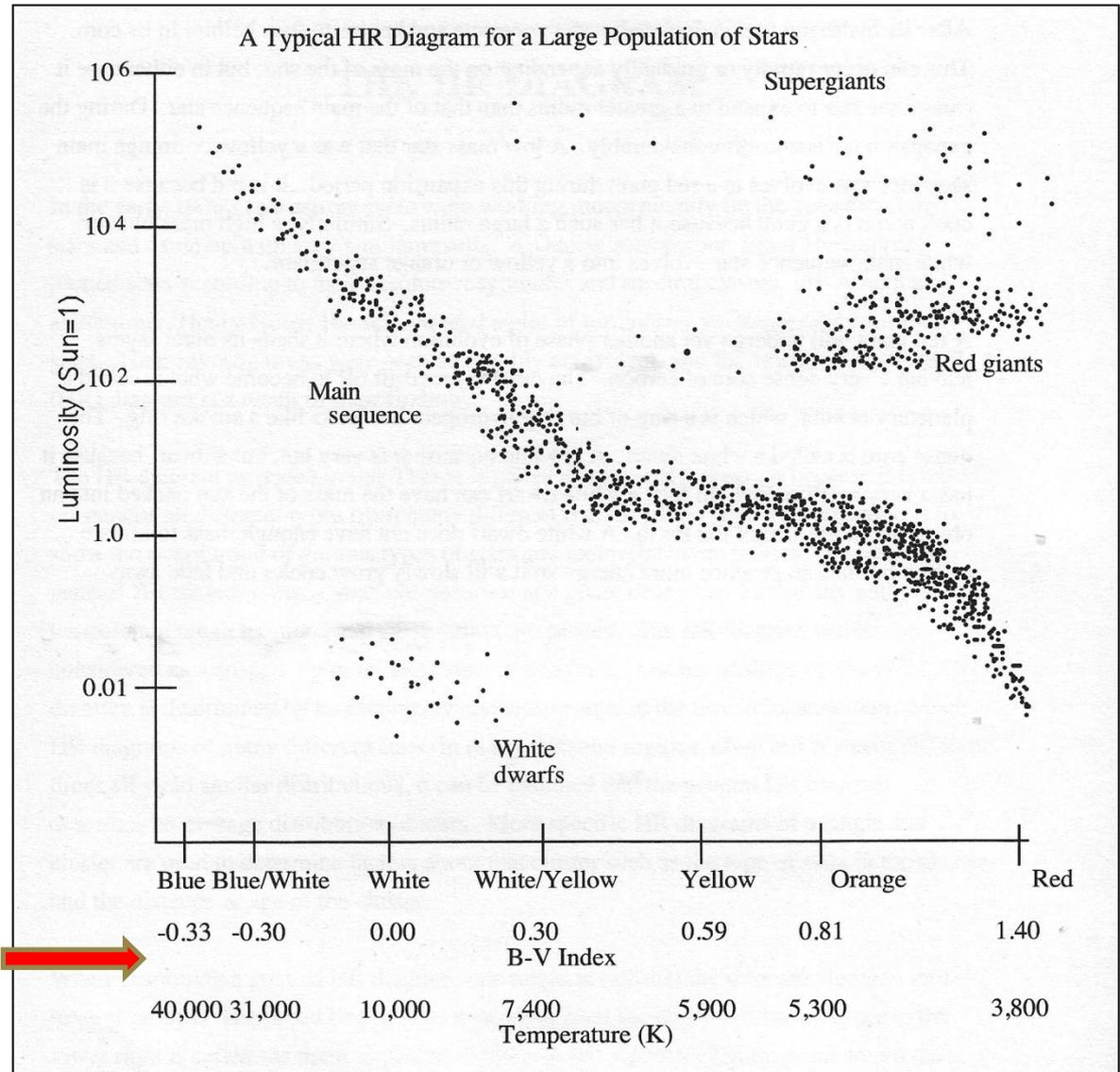
$$B - V = -0.60 + \frac{7300}{T}$$

L'osservatorio di Felizzano dispone di filtri fotometrici Blu, Verdi e Rossi che consentono la misura della magnitudine della stella nelle rispettive bande e, tramite la formula riportata sopra, il calcolo della temperatura T della stella studiata.

Altrimenti, i valori delle magnitudini in B e V possono essere ricavati da ALADIN.

Laboratorio di astronomia

Diagramma H-R



Relazione tra colore, (B-V) e T.

Laboratorio di astronomia

Progetto 5: misura dei parametri stellari. Il raggio

In astronomia la luminosità è definita come la quantità di luce e di altre forme di energia radiante emessa da una stella per unità di tempo; essa dipende strettamente dal raggio e dalla temperatura superficiale della stella. Approssimando la stella a un corpo nero ideale, la luminosità L è direttamente proporzionale al raggio R e alla temperatura effettiva T_{eff} .

Legge di Stefan-Boltzmann

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4$$

dove σ è detta costante di Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,7 * 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$

Laboratorio di astronomia

Progetto 5: misura dei parametri stellari. La massa

Se è nota la luminosità assoluta L della stella, si dimostra che dal confronto con i valori solari è possibile ricavare la sua massa M usando la formula:

$$\frac{L}{L_0} \approx \left(\frac{M}{M_0} \right)^{3,5}$$

dove L_0 e M_0 sono la luminosità e la massa del Sole. Tuttavia questa equazione può essere utilizzata con una buona approssimazione solo per le stelle di sequenza principale. Per gli altri casi, l'esponente cambia come riportato nella slide successiva.

Laboratorio di astronomia

Progetto 5: misura dei parametri stellari. La massa

Per ottenere relazioni più precise per le varie tipologie di masse stellari occorre utilizzare le seguenti equazioni:

$$\frac{L}{L_{\odot}} \approx 0,23 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{2,3} \quad (M < 0,43M_{\odot})$$

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^4 \quad (0,43M_{\odot} < M < 2M_{\odot})$$

$$\frac{L}{L_{\odot}} \approx 1,5 \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{3,5} \quad (2M_{\odot} < M < 20M_{\odot})$$

$$\frac{L}{L_{\odot}} \propto \frac{M}{M_{\odot}} \quad (M > 20M_{\odot})$$

Laboratorio di astronomia

Progetto 5: misura dei parametri stellari. Tempo di vita media

Abbiamo visto che aumentando la massa di una stella aumenta anche la sua luminosità. Il che, è molto logico. Ci si potrebbe aspettare che le stelle di grande massa siano anche quelle che vivono più a lungo, invece così non è: maggiore è la massa infatti, più intense sono le reazioni nucleari e più veloce è il consumo del gas stellare. Vale la relazione:

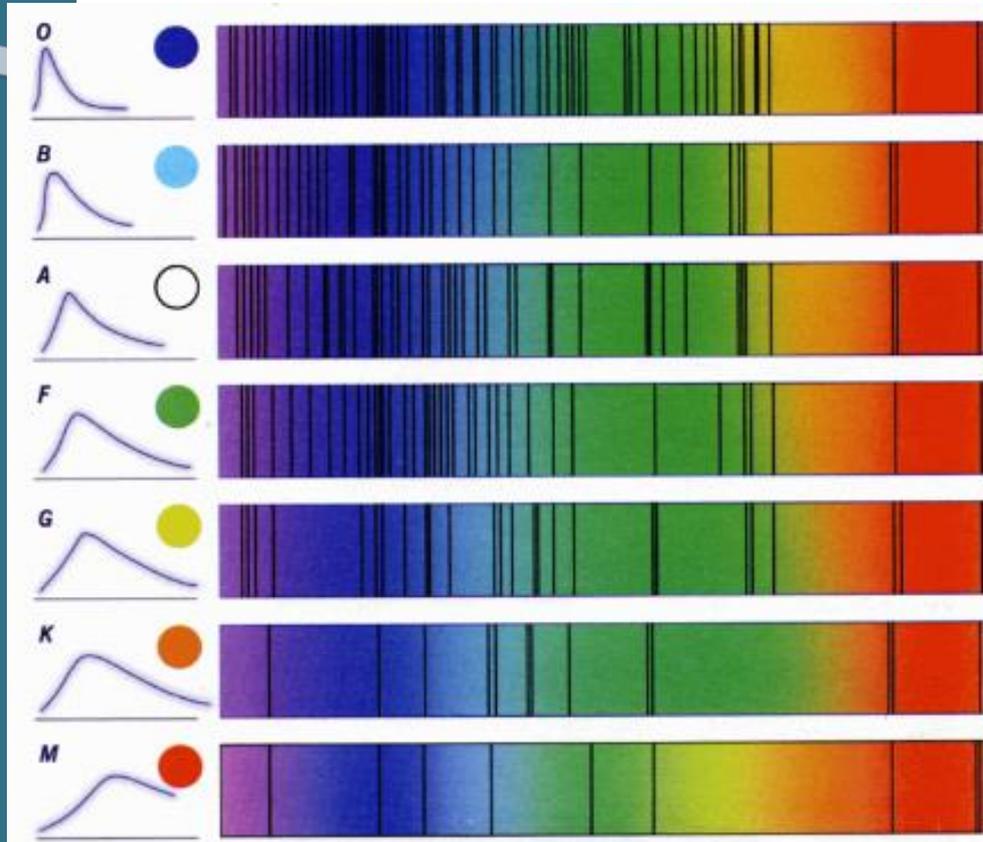
$$T_{vita} \approx \frac{1}{M^{2,5}}$$

Il Sole vivrà circa 10 miliardi di anni.

Una stella di massa doppia sarà $2^{3,5} \approx 11$ volte più luminosa, ma vivrà $T \approx \frac{1}{2^{3,5}} = 0,09$ volte la vita del Sole, cioè solo 0,9 miliardi di anni (circa).

Laboratorio di astronomia

Le classi spettrali

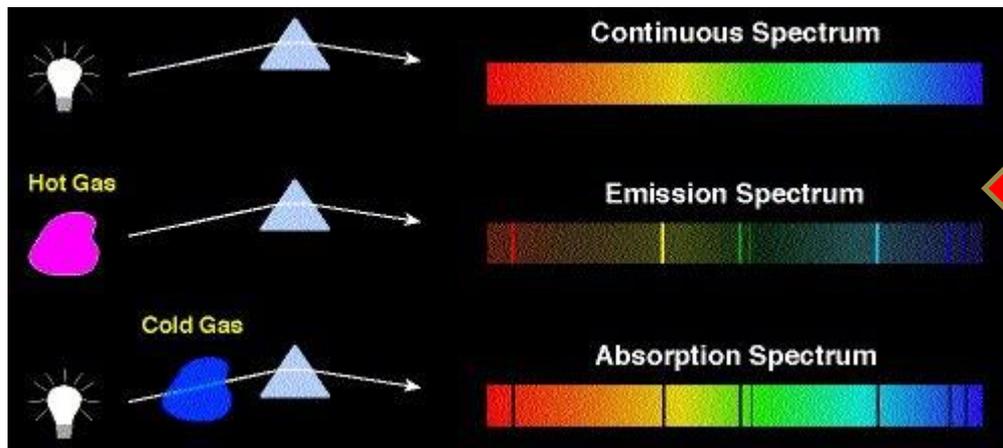


Le stelle possono essere suddivise in CLASSI SPETTRALI (O,B,A,F,G,K,M) a seconda delle righe presenti nel loro spettro. Tali differenze dipendono dalla **temperatura T** e, quindi, dal **colore della stella.**

Per ricordarsi le classi spettrali:
«O, Be A Fine Girl, Kiss Me....»

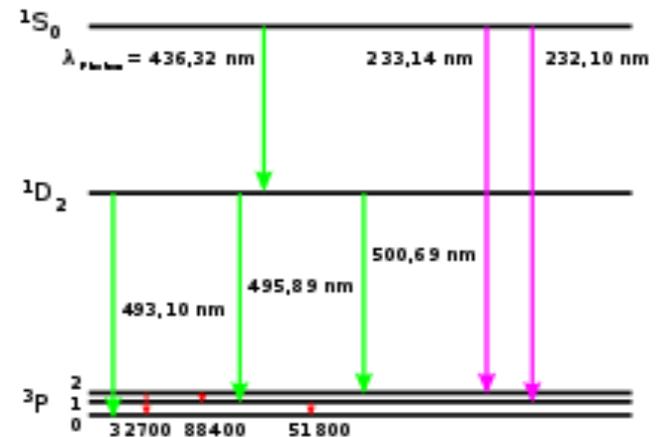
Laboratorio di astronomia

L'emissione a righe dei gas



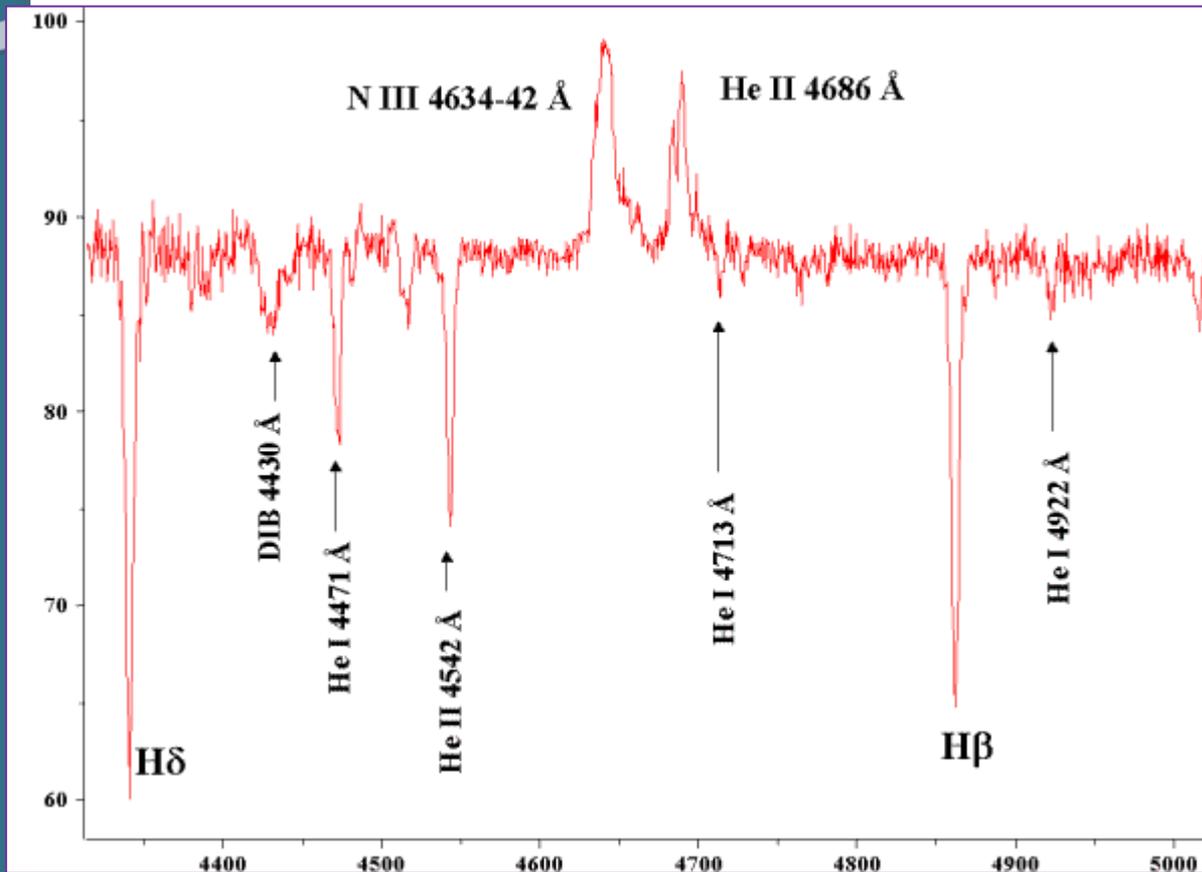
Ad ogni riga
corrisponde una
determinata
frequenza della luce

Ad ogni riga
corrisponde un preciso
salto quantico
dell'elettrone, da un
orbitale atomico
all'altro



Laboratorio di astronomia

L'analisi chimica delle stelle

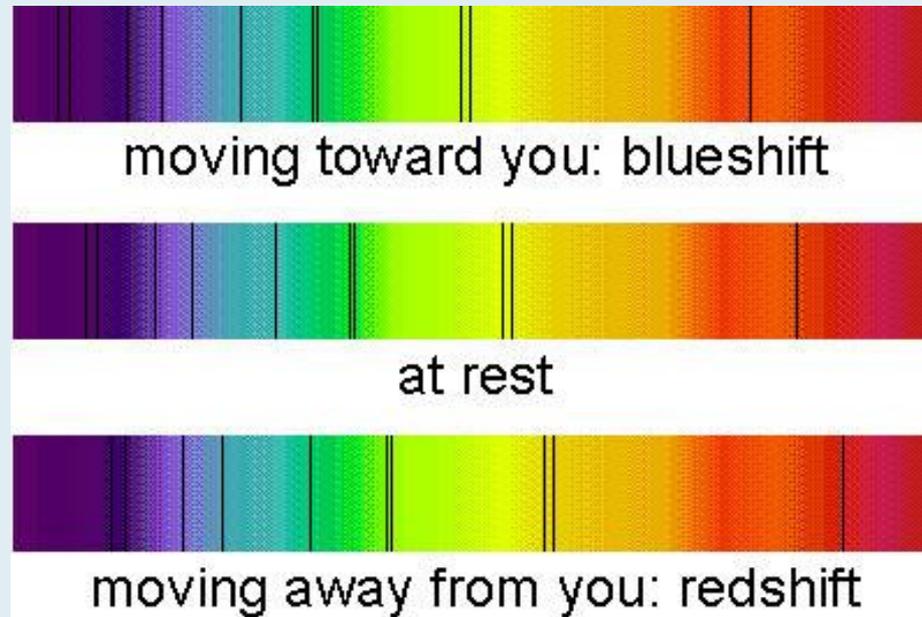


Ogni elemento chimico è contraddistinto da una serie precisa di righe spettrali.

Dallo spettro, è quindi possibile risalire alla composizione chimica delle stelle

Laboratorio di astronomia

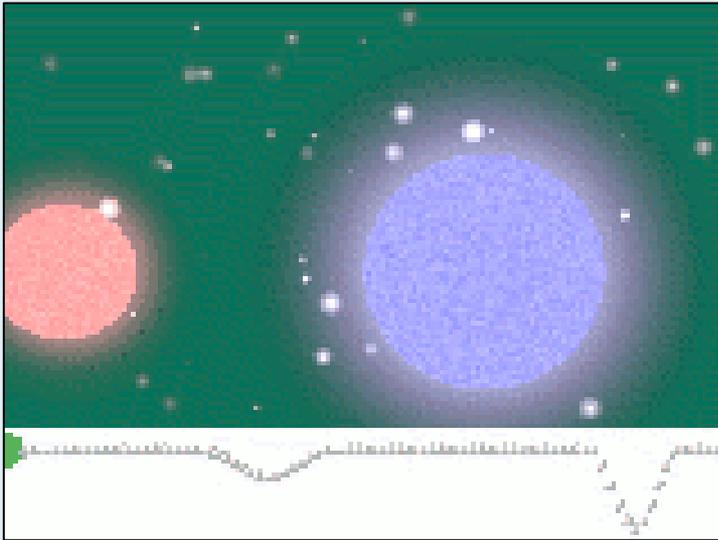
Le velocità radiali e l'espansione dell'Universo



Dallo spostamento delle righe spettrali si può ottenere la velocità di allontanamento (di avvicinamento) della stella. In questo modo si è scoperta l'espansione dell'Universo...

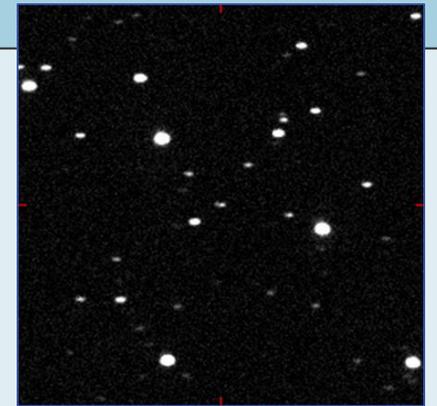
Laboratorio di astronomia

Progetto 6: binarie ad eclisse



Una **binaria ad eclisse** è una stella **binaria**, cioè doppia, in cui il piano orbitale delle due stelle si trova così ben allineato con la linea di vista dell'osservatore che le due componenti, ruotando una attorno all'altra, mostrano **eclissi** reciproche.

Al telescopio, a causa dell'enorme distanza da noi, si vede una sola stella che all'apparenza sembra un semplice punto luminoso.



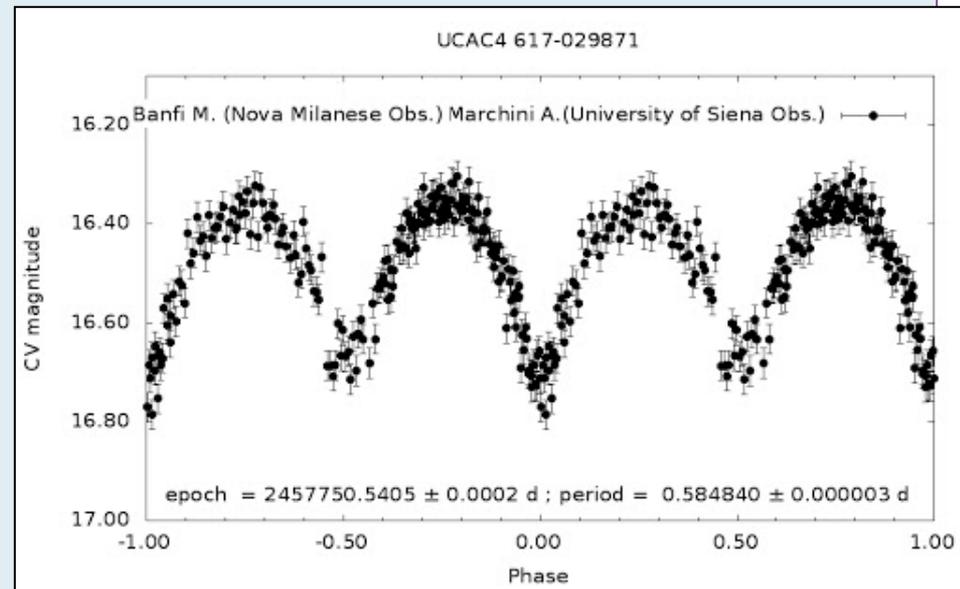
Laboratorio di astronomia

Progetto 6: binarie ad eclisse

Le variazioni di luminosità sono misurabili acquisendo una serie di fotografie nell'arco della notte ed eseguendo l'analisi fotometrica della stella osservata.

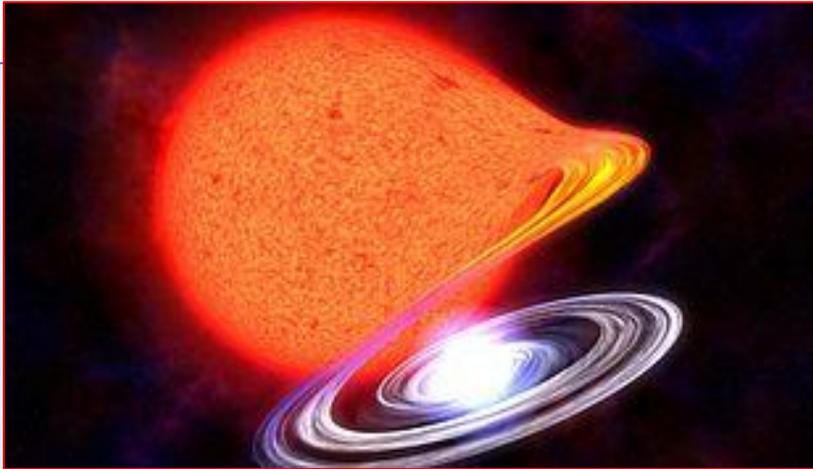
Quello che si ottiene è un grafico fotometrico della stella dove ogni punto della curva è la misura della sua luminosità in ogni singola fotografia

La distanza tra due massimi o minimi fornisce il periodo di rotazione in giorni giuliani



Laboratorio di astronomia

Progetto 6: binarie ad eclisse

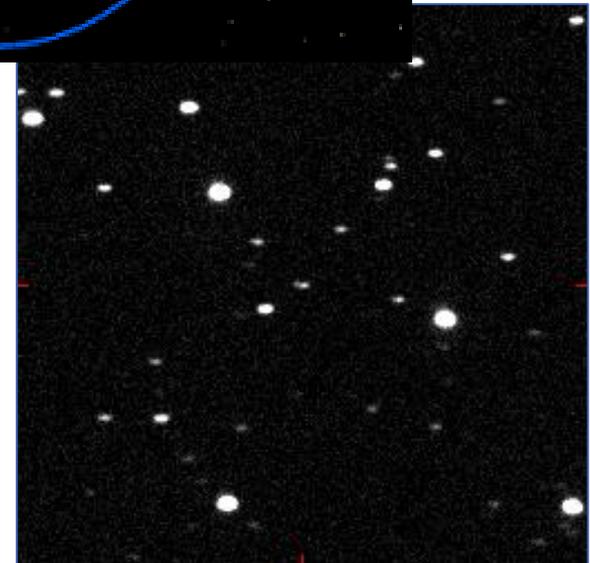
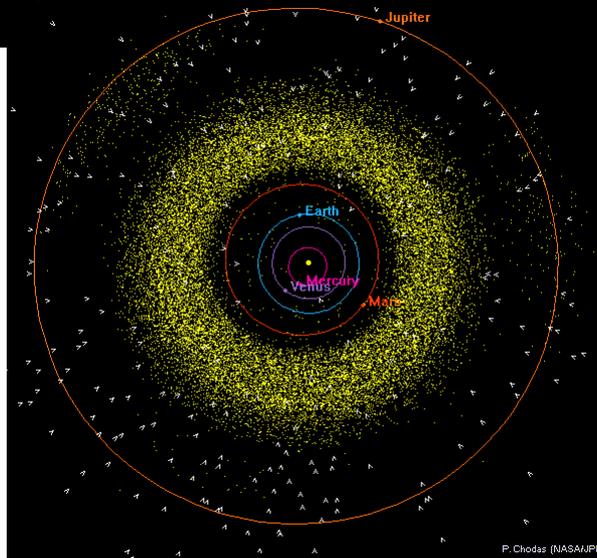
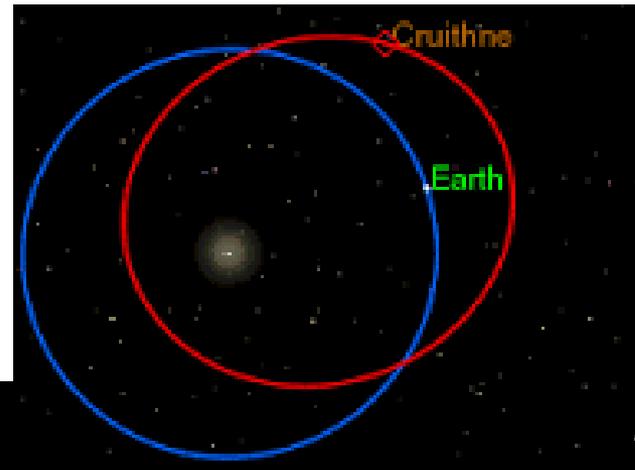


La variazioni nel periodo orbitale possono essere causate anche dalla presenza di **un terzo corpo** di luminosità molto bassa: un pianeta, ad esempio, o una stella nana. Il B.R.N.O. accetta le misure (se precise) anche dei NON professionisti.

Se le due stelle sono molto ravvicinate, può capitare che la più piccola e compatta riesca a **sottrarre materiale gassoso dall'atmosfera** di quella di dimensioni maggiori (meno densa), dando vita ad un variazione del periodo orbitale del sistema stellare «facilmente» misurabile.

Laboratorio di astronomia

Progetto 7: posizione e fotometria degli asteroidi



Laboratorio di astronomia

Progetto 7: posizione e fotometria degli asteroidi

Poiché la forma degli asteroidi è molto irregolare, la rotazione attorno al loro asse (che avviene in poche ore) causa una variazione della loro luminosità

L'analisi della curva fotometrica degli asteroidi consente in molti casi di risalire alla loro forma in 3D

COLLABORATIVE ASTEROID PHOTOMETRY FROM UAI: 2019 MAY-JUNE

Lorenzo Franco
Balzaretto Observatory (A81), Rome, ITALY
lor_franco@libero.it

Alessandro Marchini
Astronomical Observatory, DSFTA - University of Siena (K54)
Via Roma 56, 53100 - Siena, ITALY

Giorgio Baj
M57 Observatory (K38), Saltrio, ITALY

Riccardo Papini, Massimo Banfi, Fabio Salvaggio
Wild Boar Remote Observatory (K49)
San Casciano in Val di Pesa (FI), ITALY

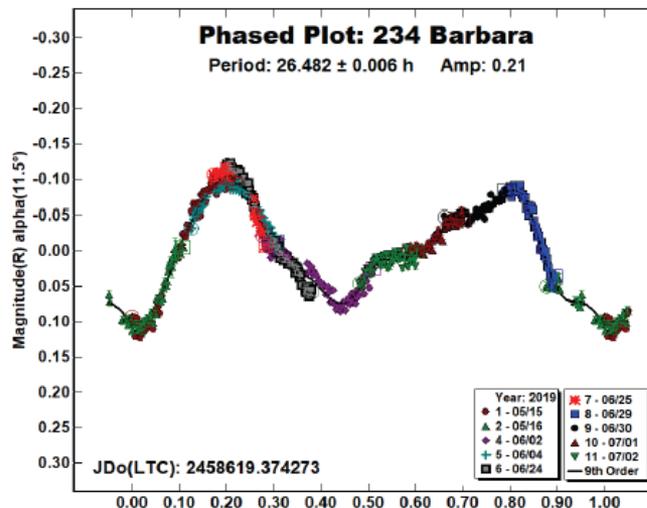
Paolo Bacci, Martina Maestripieri
San Marcello Pistoiese (104), Pistoia, ITALY

Gianni Galli
GiaGa Observatory (203), Pogliano Milanese, ITALY

Giovanni Battista Casalnuovo, Benedetto Chinaglia
Filzi School Observatory, Laives, ITALY

Mauro Bachini, Giacomo Succi
Santa Maria a Monte (A29), ITALY

234 Barbara is an Ld-type (Bus & Binzel, 2002) inner main-belt asteroid discovered on 1883 August 12 by Peters, C. H. F. at Clinton. Collaborative observations were made over ten nights. We found a synodic period of $P = 26.482 \pm 0.006$ h with an amplitude $A = 0.21 \pm 0.02$ mag. The period is close to the previously published results in the asteroid lightcurve database (LCDB; Warner et al., 2009).



1166 Sakuntala is an inner main-belt asteroid, discovered on 1930

Laboratorio di astronomia

Progetto 6: vedere i «buchi neri»

I **buchi neri** sono ciò che resta dopo la morte di una stella grande almeno 3 volte più del Sole. La loro gravità è così intensa che nulla può sfuggire alla loro attrazione, nemmeno la luce: per questo sono «neri»!

I **buchi neri supermassicci** (300 milioni di masse solari) si trovano nel nucleo di galassie giovani e lontane (miliardi di anni luce!).

Questi nuclei sono ricchissimi di materia che, attratta dall'immensa forza gravitazionale dei super buchi neri, inevitabilmente finisce al loro interno portando il nucleo galattico ad essere centinaia di volte più luminoso di tutta la galassia.

A seconda delle caratteristiche del fenomeno, queste galassie si chiamano QUASARS o BLAZARS e al telescopio hanno l'aspetto di un punto luminoso simile a quello delle stelle normali. E ciò perché il resto della galassia viene coperta dall'enorme luminosità del suo nucleo...

Laboratorio di astronomia

Progetto 8: «vedere» i buchi neri

Studiare le variazioni di luminosità dei quasars e dei blazars vuol dire studiare l'attività distruttiva dei buchi neri nascosti nel nucleo di queste galassie «attive!».

Spesso da questi nuclei galattici vengono sparati nello spazio violenti getti di materia



Laboratorio di astronomia

Progetto 9: misurare la distanza con le stelle pulsanti: le Cefeidi

Alcune stelle, giunte quasi al termine della loro vita, entrano in una fase di instabilità in cui iniziano a pulsare, aumentando e diminuendo periodicamente le loro dimensioni e quindi la loro luminosità. Nel caso di variabili Cefeidi vale la seguente relazione tra il periodo P e la magnitudine assoluta M (in banda V e banda R):

$$M_V = -2.78 \log(P) - (1.35 \pm 0.1)$$

$$M_R = -2.81 \log_{10} P_d - 1.43$$

Nota la loro magnitudine assoluta M , si può ricavare la distanza:

$$M_{Assoluta} = m_{apparente} + 5 - 5 * \log_{10} D$$

Laboratorio di astronomia

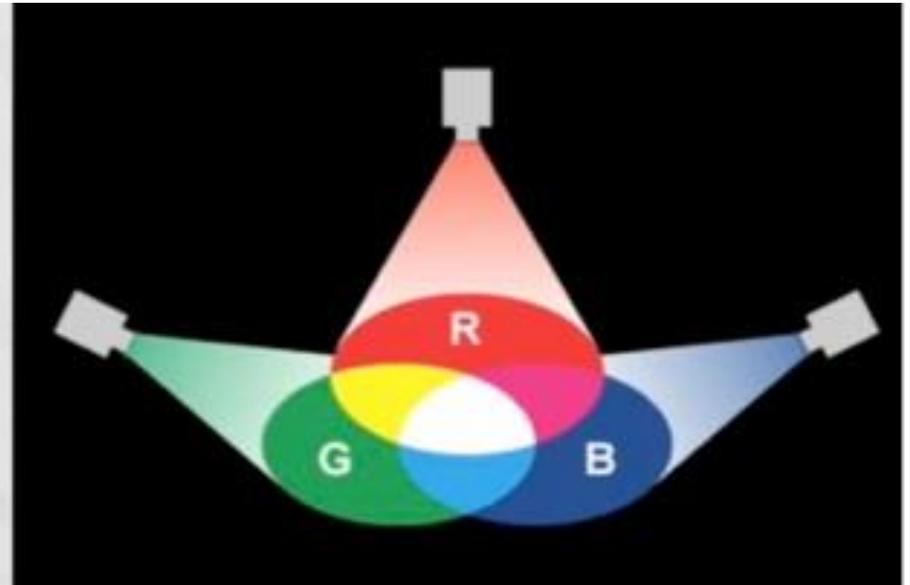
Progetto 10: tricromia di immagini

*Blu + rosso = magenta.
Blu + verde = cyan.
Verde + rosso = giallo.*

*Due colori complementari danno
come somma il bianco:
il magenta è complementare del verde,
il cyan è complementare del rosso,
il giallo è complementare del blu.*

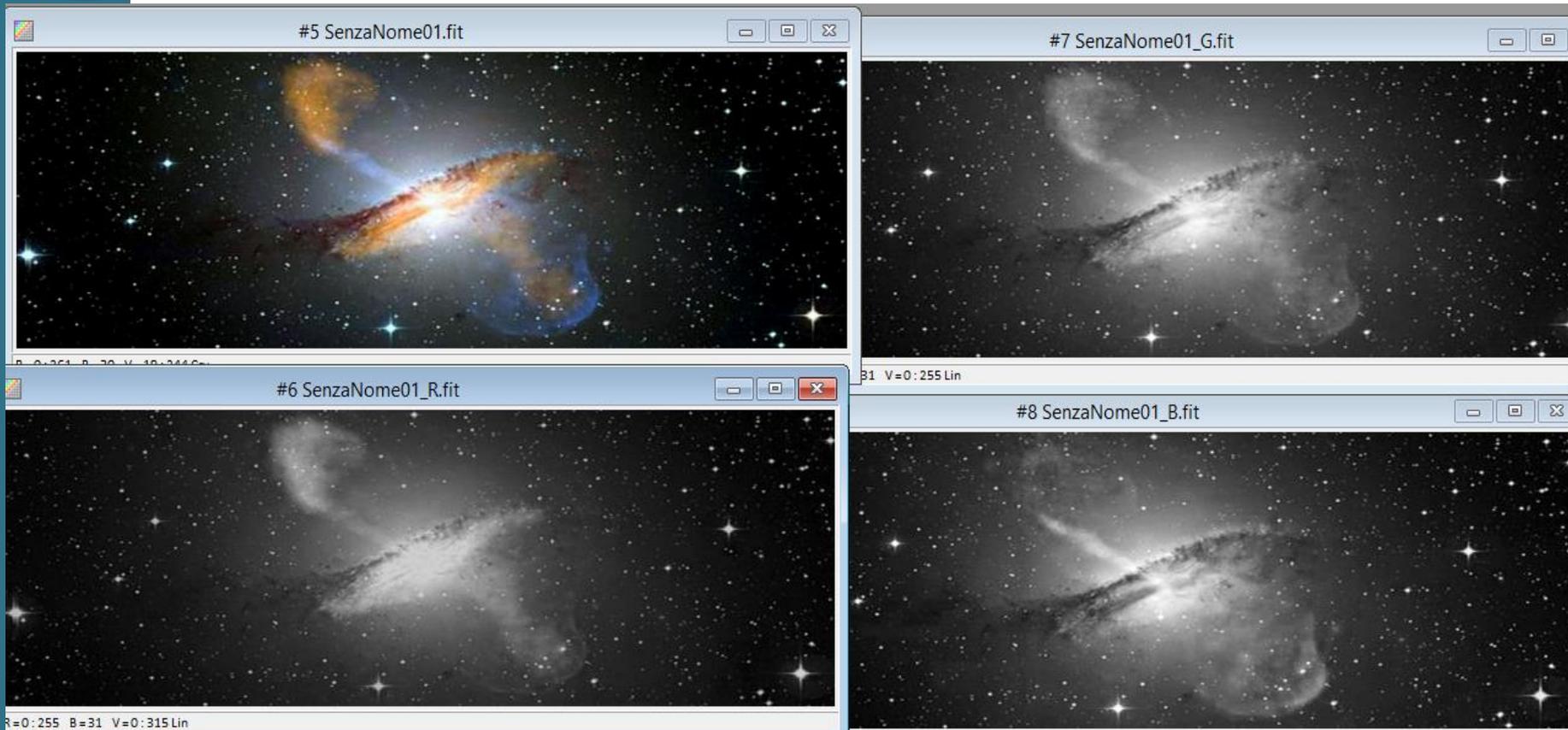
*Blu + rosso + verde = bianco.
Blu + giallo = verde + magenta
= rosso + cyan = bianco.*

Assenza di luce = nero



Laboratorio di astronomia

Progetto 10: tricromia di immagini

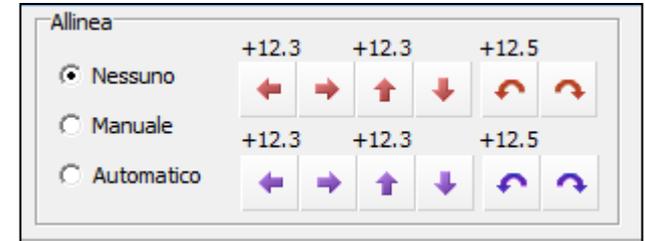
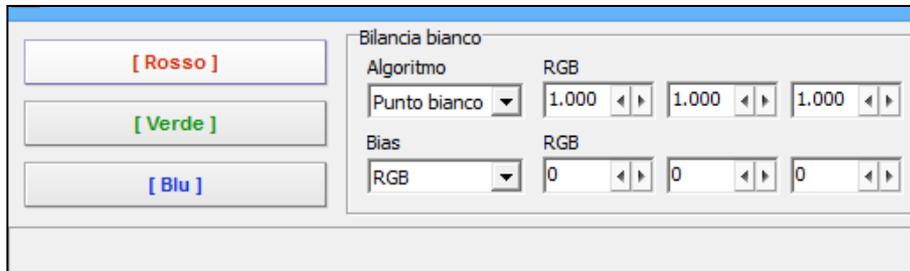


Laboratorio di astronomia

Progetto 10: tricromia di immagini

Aprire in AstroArt le tre immagini ottenute nei filtri B, V e R.
Entrare nel menù COLORE – TRICROMIA ed assegnare ai canali rosso verde e blu le immagini relative.

Se serve, allineare le immagini



Entrare nel menù COLORE e bilanciare i tre canali con i comandi a disposizione, saturando correttamente l'immagine (SATURAZIONE – BILANCIA COLORE – CURVE COLORE) per ottenere un risultato esteticamente apprezzabile

Laboratorio di astronomia

Felizzano OBS Control V0.45

All Sky Telescopio Impostazioni

Fema Stream Aggiorna Stream

Felizzano Remote Observatory



2021031
31/01/2021 23:28:43 -
Accendo la luce

Inizia Sessione

Termina Sessione

Accendi la luce

Stop Colonna

Stop Tetto

Il tetto è **Chiuso**

Ignora sicurezza

Temp SKY:
 Chiudi se coperto
0

Orario chiusura
Start
 Tutti i giorni

Progress bar

Apri il tetto Colonna SU **Chiudi il tetto Colonna Giù** **Accendi CCD** **Accendi Foccheggiator** **Accendi anticondensa** NoCom

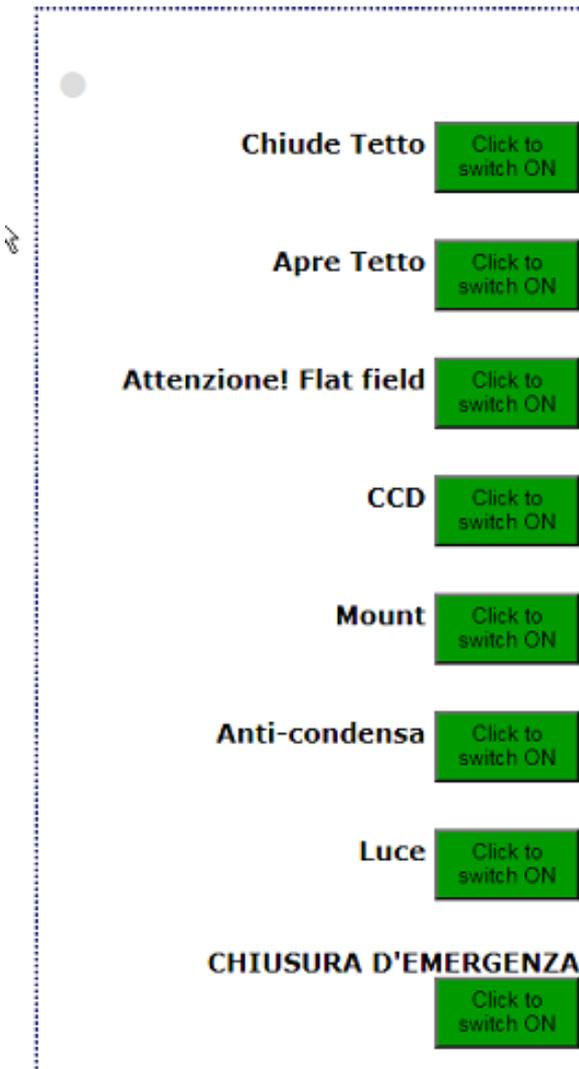
Prova

Corrente **220V**

Laboratorio di astronomia

Il pannello di controllo dell'Osservatorio di Seveso.

Relay Control



The screenshot shows a control panel titled "Relay Control" enclosed in a dashed border. It contains several control buttons, each with a label and a "Click to switch ON" instruction. The buttons are arranged vertically from top to bottom: "Chiude Tetto", "Apre Tetto", "Attenzione! Flat field", "CCD", "Mount", "Anti-condensa", "Luce", and "CHIUSURA D'EMERGENZA". A small grey circle is visible in the top-left corner of the dashed box, and a vertical grey bar is on the right side.

Chiude Tetto	Click to switch ON
Apre Tetto	Click to switch ON
Attenzione! Flat field	Click to switch ON
CCD	Click to switch ON
Mount	Click to switch ON
Anti-condensa	Click to switch ON
Luce	Click to switch ON
CHIUSURA D'EMERGENZA	Click to switch ON



Laboratorio di astronomia

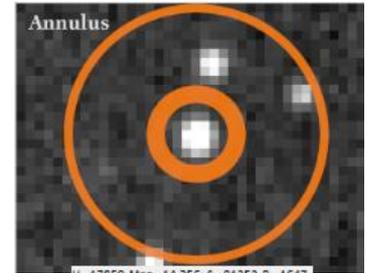
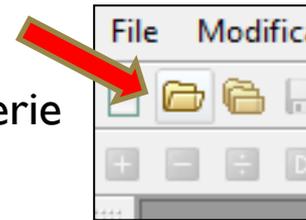
Fotometria batch con AA7
Istruzioni

Laboratorio di astronomia

Fotometria batch con AA7

1) Aprire la prima immagine della serie

2) Regolarne la luminosità con F4



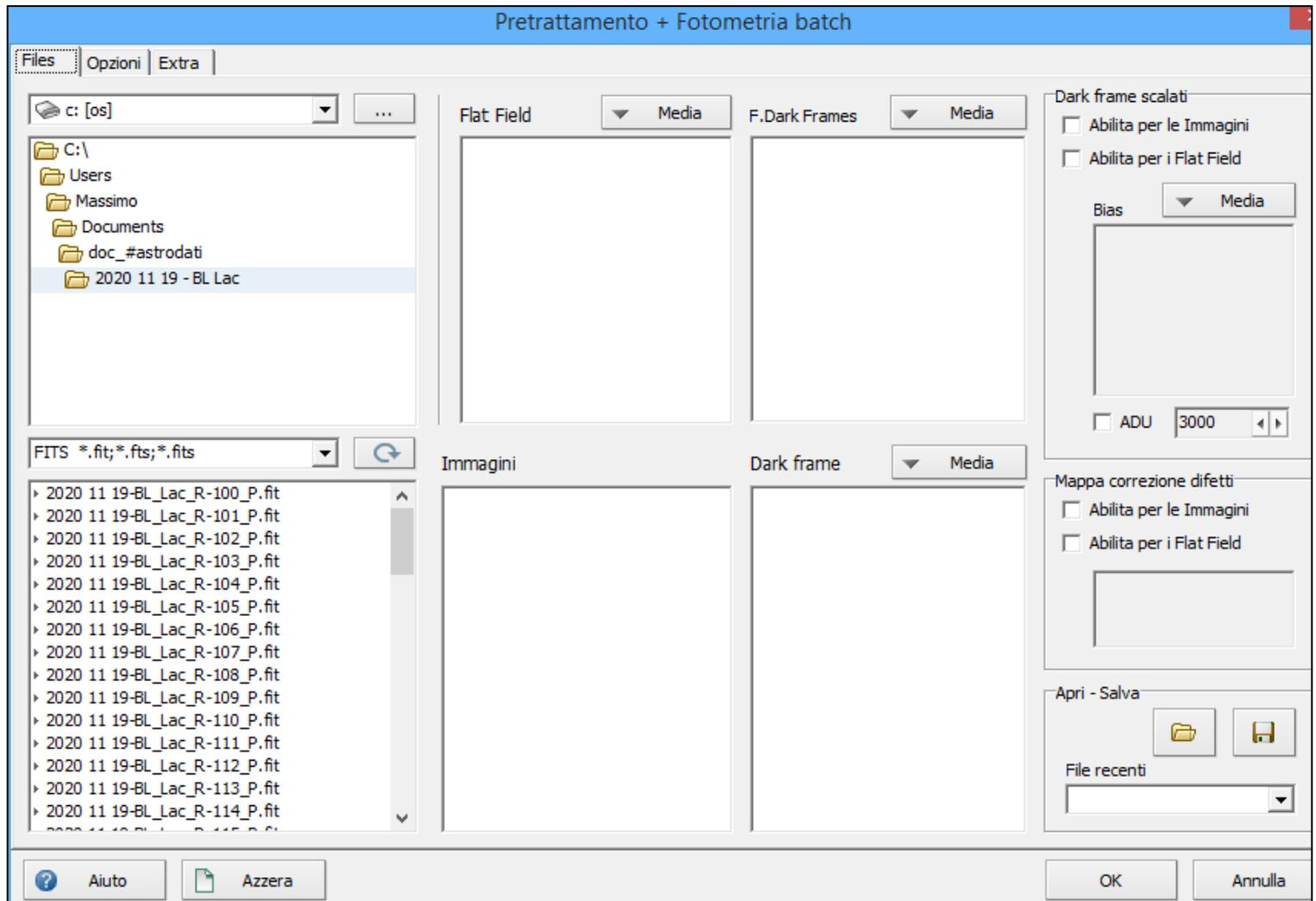
3) In menù STRUMENTI – FOTOMETRIA D'APERTURA regolare i raggi dei cerchi in modo che quello più interno contenga la stella interamente e quello più esterno non abbia stelle al suo interno (se possibile). Si sposti la finestra zoom e si individui la stella con il cursore. Si chiuda la finestra zoom.

4) Si selezioni con il mouse la stella variabile e una o più stelle di riferimento.

5) Dal menù STRUMENTI si opzioni FOTOMETRIA BATCH. Si aprirà la finestra PRETRATTAMENTO che compare nella prossima slide...

Laboratorio di astronomia

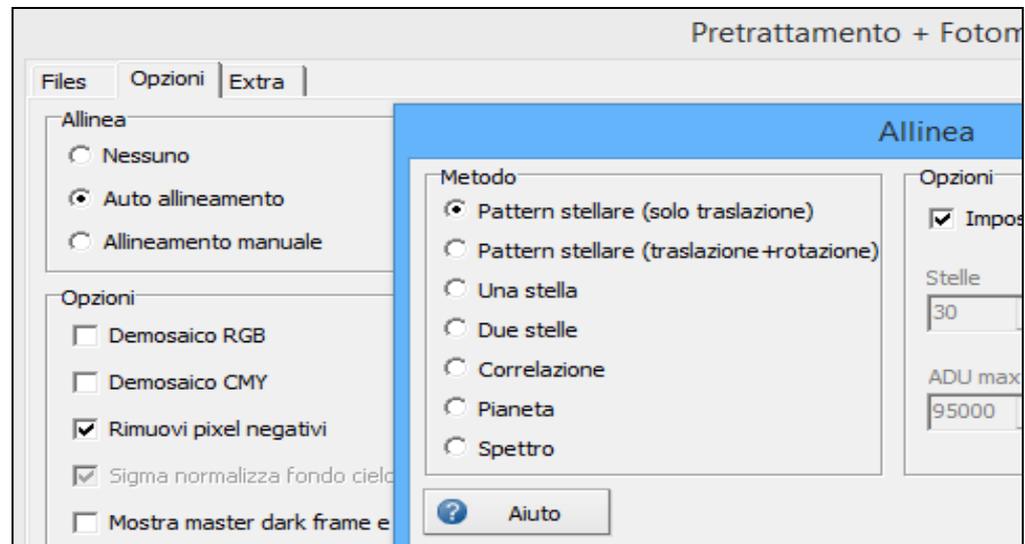
Fotometria batch con AA7



Laboratorio di astronomia

Fotometria batch con AA7

- 6) **Si trascinino** le immagini della sessione nella finestra IMMAGINI e, se ci sono, i files di calibrazione in DARK e in FLAT FIELD.
- 7) Si controlli che per ogni finestra sia selezionata la modalità MEDIANA e non MEDIA.
- 8) Si selezioni il sottomenù OPZIONI e nella sezione ALLINEAMENTO si scelga AUTOALLINEAMENTO (Pattern stellare – solo traslazione)



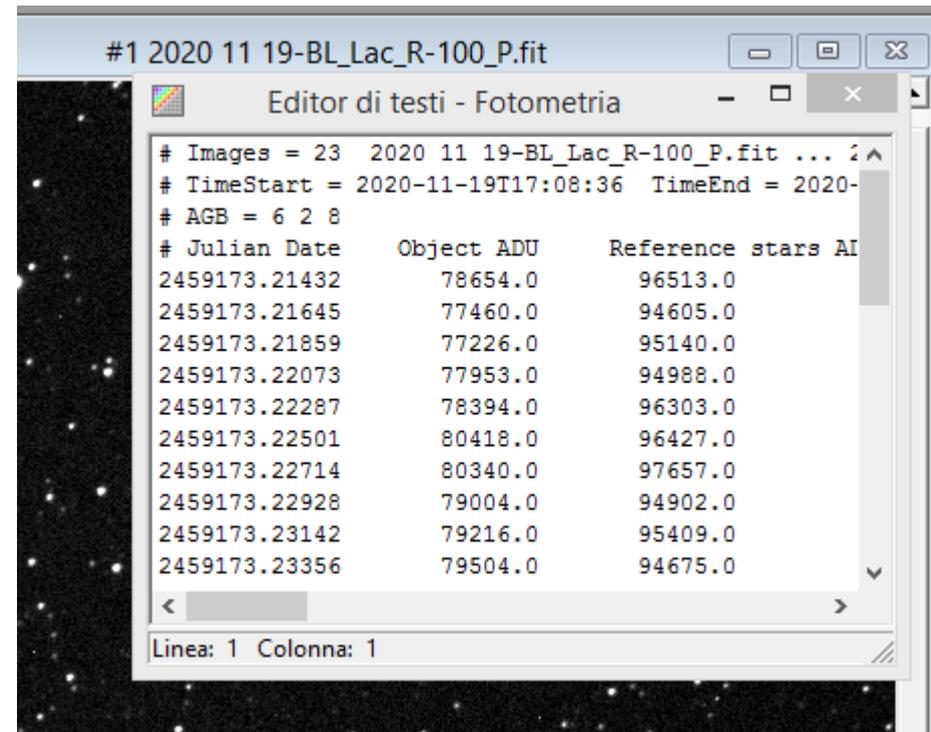
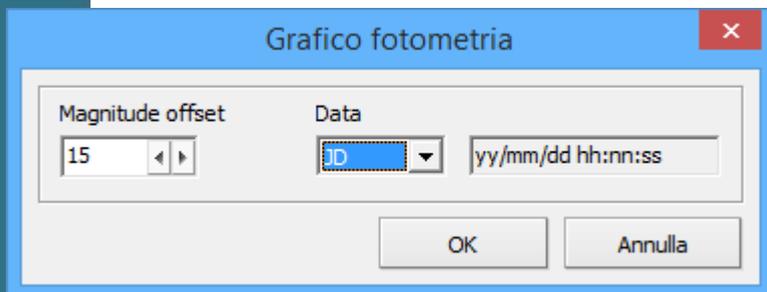
Laboratorio di astronomia

Fotometria batch con AA7

9) Si confermi con OK

10) La fotometria sarà eseguita in automatico producendo la tabella con tutte le misure. Cliccando con il tasto destro sulla tabella dei dati, si scelga l'opzione GRAFICO FOTOMETRIA.

11) Si inserisca la **MAGNITUDINE OFFSET** della stella di riferimento, ricavata da ALADIN o dalle cartine fotometriche. Nello spazio della data si faccia attenzione ad inserire JD (non MJD).



Laboratorio di astronomia

Fotometria batch con AA7

13) La versione DEMO di AstroArt NON CONSENTE di salvare immagini, dati e grafici.

La curva di luce deve essere salvata con un SALVASCHERMO mentre i dati vanno copiati ed incollati in un file di testo da spedire all'insegnante nominato con NOME OGGETTO – DATA – NOME STUDENTE...

Esempio: BL LAC-20210218-BanfiMassimo.txt