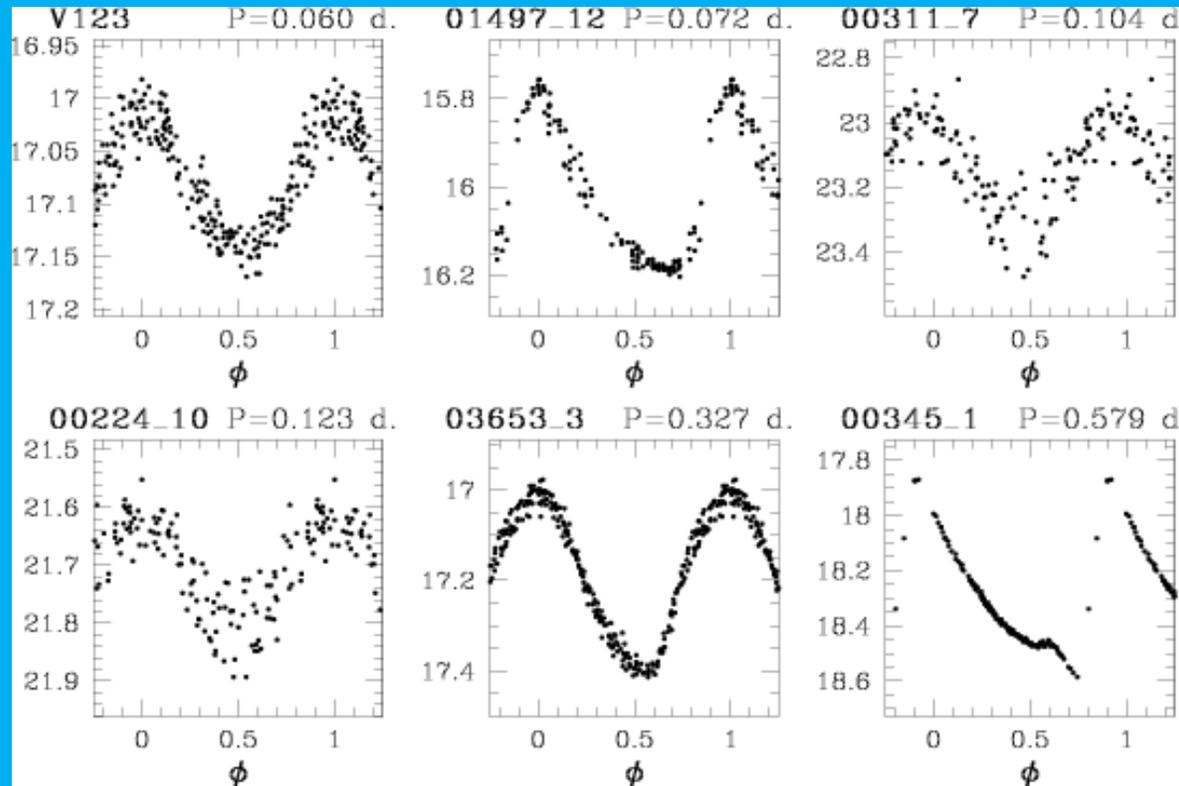


Le stelle variabili

Un approccio scientifico



Marco Monaci

Diversi tipi di stelle variabili

- Lo studio della luce emessa dalle stelle è uno dei pochissimi metodi di indagine a disposizione dell'astrofisica
- Senza stare a ripetere ancora un'altra volta la solita storia sulle stelle variabili, riassumiamo in un grafico le attuali conoscenze che abbiamo su questi oggetti peculiari che, però, rappresentano la maggior parte della popolazione stellare e non solo.

Variabili intrinseche

Stelle pulsanti

Cefeidi

RV Tauri

RR Lyrae

Alpha Cygni

Delta Scuti

Gamma Doradus

SX phoenicis

Rapidly Oscillating
Var.

Mireidi

SOLAR – LIKE OSCILLATIONS

Beta Cephei

PV Telescopii

Variabili
intrinseche

Eruptive Stars

Protostelle

Be Stars

Orion Variables

LBV

R Coronae
Borealis

Wolf-Rayet

Gamma
Cassiopeiae

RS Canum
Venaticorum

CATACLISMICHE
Novae
Supernovae
Dwarf Novae
Z andromedae

Variabili estrinseche

Rotating Stars

Ellispoidal
Variables

Stellar Spots

FK Comae
Berenices

BY Draconis

Magnetic Fields

Alpha Canum V.

SX Arietis

Variabili
estrinseche

Eclipsing

Algol Type

Beta Lyrae

W Ursae Majoris

- Come possiamo vedere, le classi di stelle variabili sono veramente numerose, e raggruppano una notevolissima quantità di oggetti.
- Lo studio delle stelle variabili è fondamentale, in quanto non sembrano essere l'eccezione dell'Universo, ma la regola.
- Come mai l'Universo deliberatamente decide di «variare»? Come mai le stelle «preferiscono» stare in coppia invece che stare da sole?
- E inoltre, le stelle variano la loro luminosità per tutta la loro vita oppure a volte si stabilizzano?

Una primissima applicazione. Le cefeidi

- Le Cefeidi sono semplicemente stelle «miracolose». O per meglio dire, sono stelle che, a causa di un elevatissimo fattore $Q(\text{ulo})$, possiedono una relazione fra il loro periodo e la loro luminosità intrinseca.

$$M = -2.76 * (\log P - 1) - 4.16$$

- In altre parole, più il loro periodo di variabilità è alto, e maggiore è la loro luminosità assoluta.

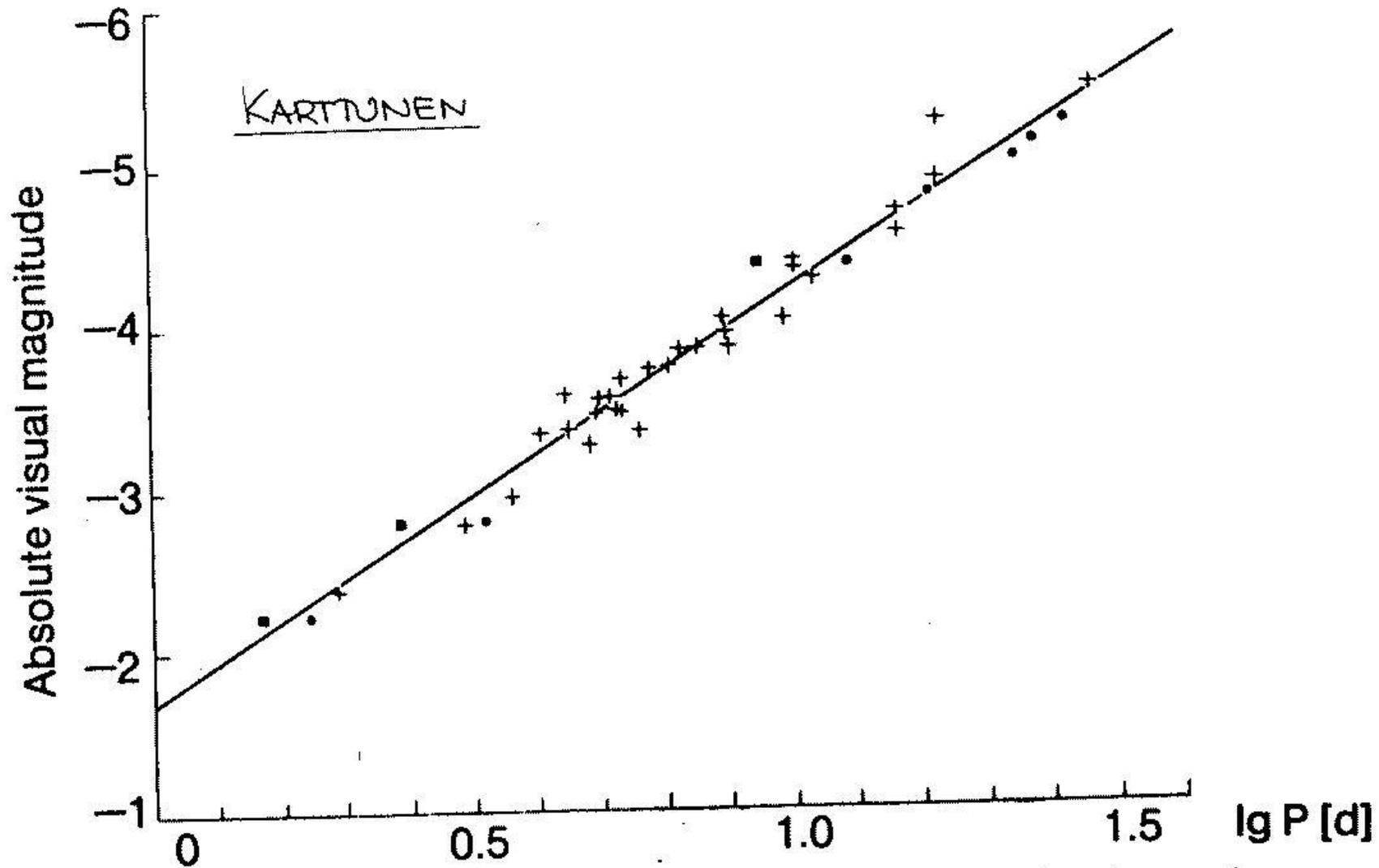


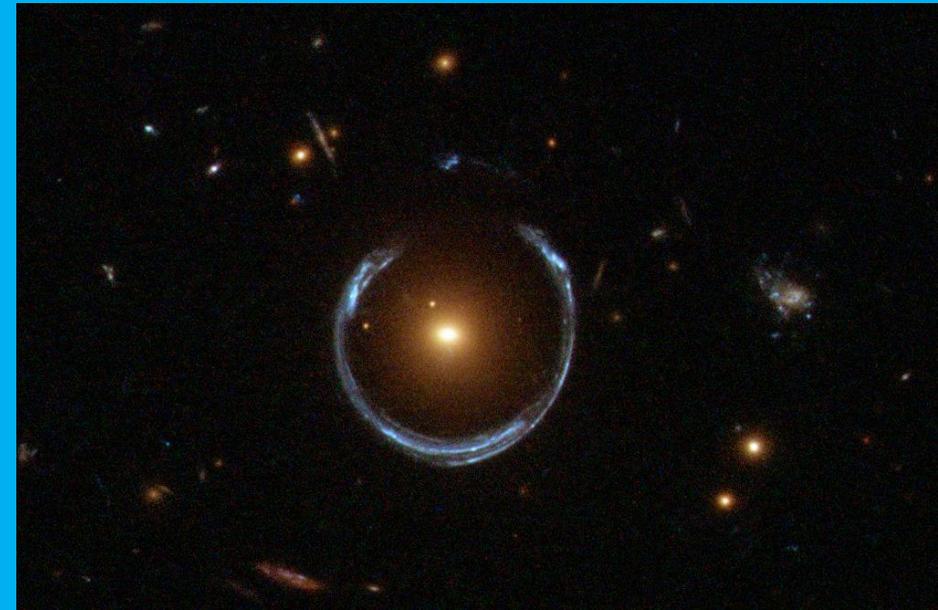
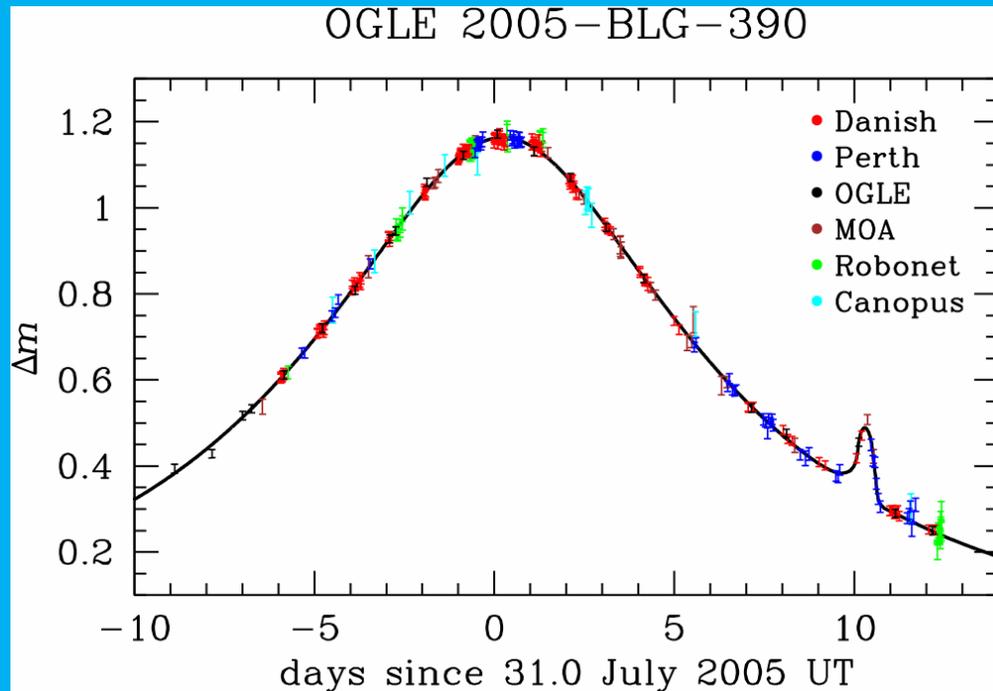
Fig. 14.6. The period-luminosity relation for cepheids. The black points and squares are theoretically calculated values, the crosses and the straight line represent the observed relation. [Drawing from Novotny, E. (1973): *Introduction to Stellar Atmospheres and Interiors* (Oxford University Press, New York) p. 359]

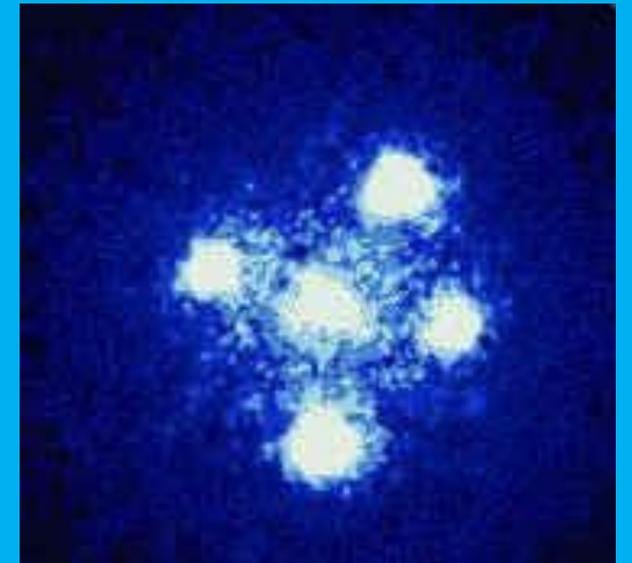
- Una volta conosciuta la magnitudine assoluta, è banale trovare la distanza, misurando la magnitudine relativa utilizzando la seguente formula:

$$d = 10^{\frac{m+5-M}{5}}$$

- In tale maniera è stato possibile calcolare con ottima precisione la distanza delle galassie vicine, utilizzando le cefeidi situate al loro interno.

- Giusto per comprendere fino a che punto siamo arrivati con le tecniche fotometriche, è bene sapere che è stato individuato il primo pianeta extrasolare *appartenente ad un'altra galassia (Andromeda)*.
- Il pianeta è stato ufficialmente dichiarato tale, ed è stato scoperto grazie al fenomeno della microlente gravitazionale.





Come studiare una stella variabile

- Non è difficile studiare una stella variabile.
- Prima di tutto occorre eseguire una serie di pose per catturare almeno un periodo. Ovvero seguirla per una notte (una delta scuti o una cefeide abbastanza rapida) come per un anno minimo (una mireide). E' naturale che per evitare un esaurimento nervoso (nonché una certa irritazione da parte di mogli/mariti/amanti/toyboy/toygirl eccetera) si rende necessaria una procedura automatizzata.
- Un buon tool è offerto da MaximDL.

Autosave Setup



Autosave Filename

dark

Estimated Duration

6m 40s

Delay First

0

Delay Between

0

Dither

- Off
- Via Guider
- Via Mount

Max. Deviation
(pixels)

0

Mosaic

Capture

Setup

Astrometric Resync

- Off
- Sync Telescope
- Correct via Slew
- Solve Only

Interval

1

OK

Cancel

Apply

Options

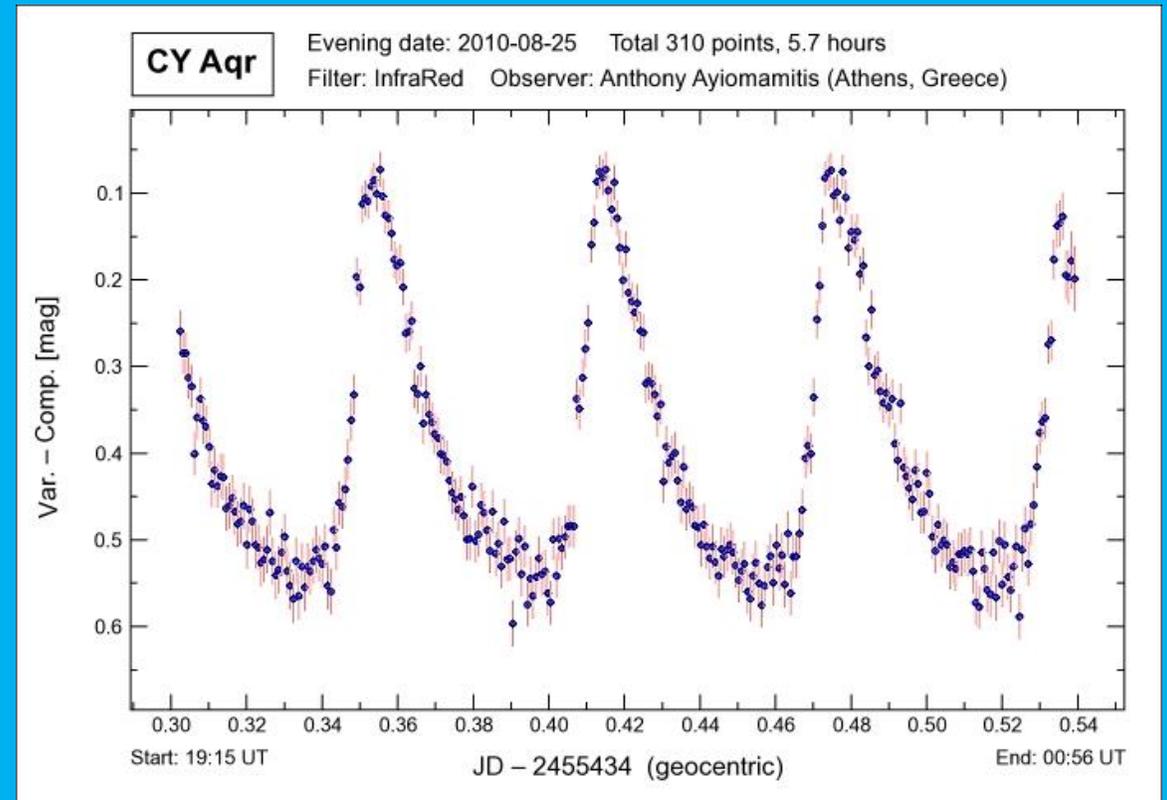


Slot	Type	Filter	Suffix	Exposure	Binning	Speed	Readout Mode	Repeat	Script
1	Dark	No Filters		40	1	N/A	Not available	10	...
2	Light	No Filters		0	1	N/A	Not available	1	...
3	Light	No Filters		0	1	N/A	Not available	1	...
4	Light	No Filters		0	1	N/A	Not available	1	...
5	Light	No Filters		0	1	N/A	Not available	1	...
6	Light	No Filters		0	1	N/A	Not available	1	...

- Una volta ottenute le immagini, vanno calibrate.
- Quindi sottrazione di dark, flat e bias con i soliti accorgimenti:
- Venti/trenta esposizioni per ciascun master frame, poi mediati per ottenere un buon rapporto segnale/rumore.
- Poi calibrare le immagini *raw* della stella variabile.
- LA CALIBRAZIONE E' VITALE. SENZA, LE IMMAGINI SONO TOTALMENTE INUTILIZZABILI IN QUANTO NON NORMALIZZATE.

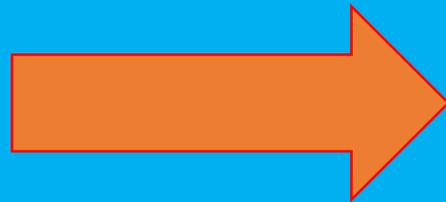
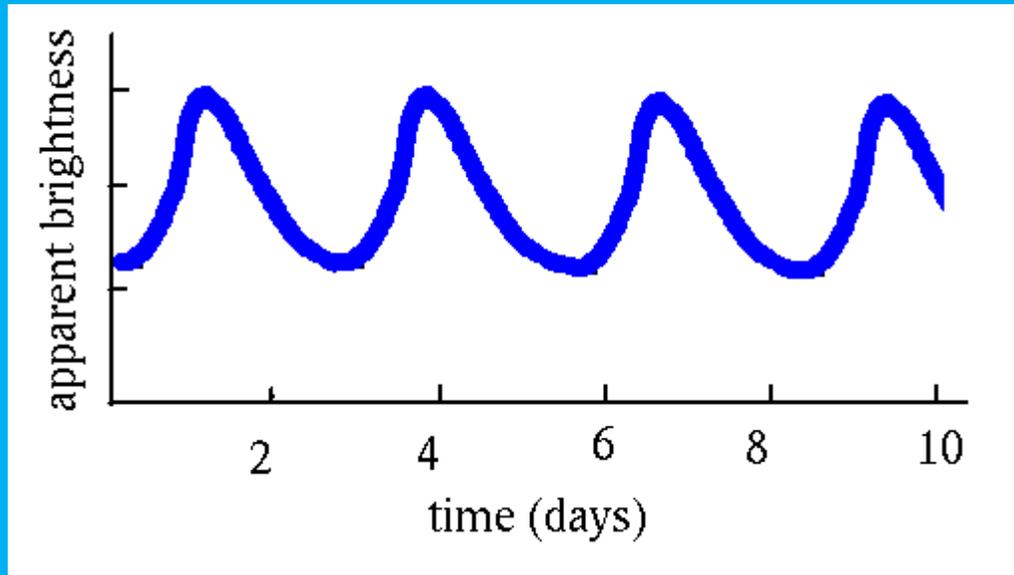
Dalla montagna di immagini al grafico nudo e crudo

- Gli astronomi, ma in generale i fisici, sono persone molto pigre. Non vogliono spupazzarsi milioni di immagini per riuscire a cogliere una minima variazione di luminosità in un puntino in mezzo ad altri miliardi come lui. E' molto conveniente inserire le informazioni che abbiamo faticosamente ricaricato in un grafico come questo:



OCCHIO AGLI ERRORI!!!

- Una misura senza errori non è una misura. Poiché noi vogliamo ottenere risultati che possano essere utilizzati eventualmente anche dai professionisti, è necessario inserire gli errori delle nostre misure. Di solito l'errore che ci interessa è sulla magnitudine.
- Un grafico senza errori può scatenare istinti omicidi:



Come stimare gli errori

- Un buon modo di stimare gli errori è quello di eseguire la fotometria di apertura anche su una stella non variabile. Le piccole fluttuazioni andranno a costituire, dopo il calcolo della deviazione standard, il nostro errore da applicare alle nostre misure.
- E' un metodo che permette di inserire all'interno dell'errore tutta una serie di fattori, vedi airmass, seeing eccetera.

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Come analizzare le immagini

- Un buon metodo è quello di utilizzare direttamente MaximDL.
- Siccome le chiacchiere stanno a zero, passiamo subito ad una rapida prova.