

# Fotometria e Spettroscopia

## breve introduzione



Gruppo Astronomia Digitale

G.A.D.

Gruppo Astronomia Digitale

28° Convegno Nazionale del GAD

(telematico) 10-11 ottobre 2020



**Lorenzo Franco**

(A81) Balzaretto Observatory, Rome

[http://digilander.libero.it/A81\\_Observatory](http://digilander.libero.it/A81_Observatory)

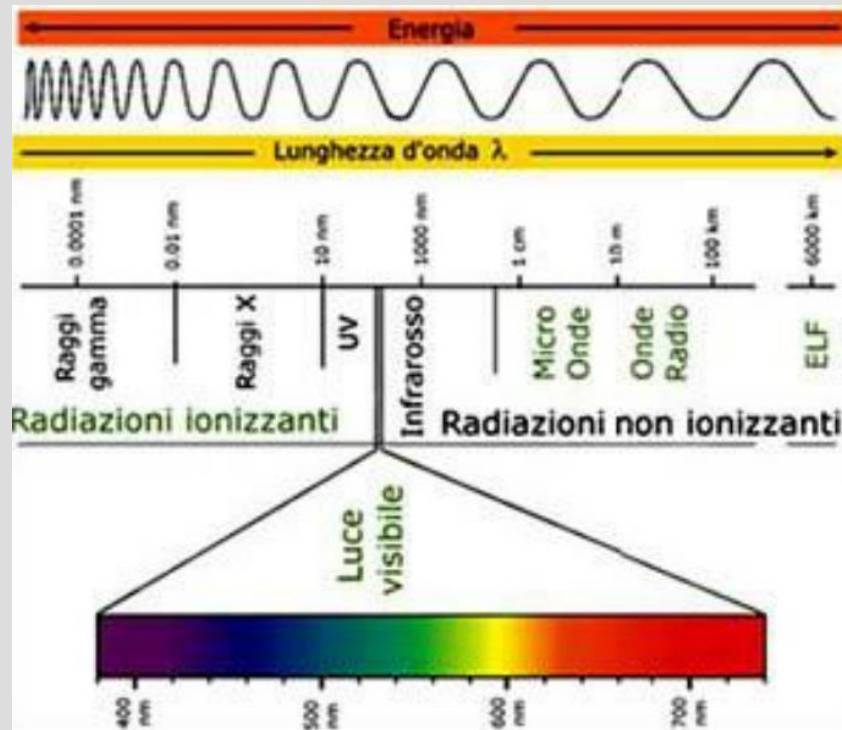
<https://www.facebook.com/a81balzarettobservatory>

# Premessa

*Talvolta gli astrofili si imbattono nei termini 'fotometria' e 'spettroscopia' senza effettivamente riuscire a capirne fino in fondo il significato ed i campi di applicazione.*

*In questa presentazione cercheremo di farcene un'idea, mostrando anche degli esempi concreti alla portata degli astrofili.*

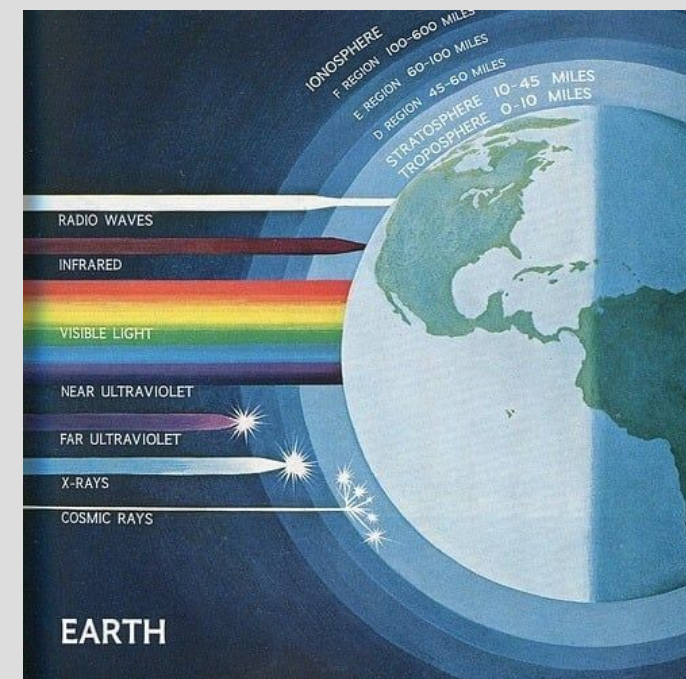
# La radiazione elettromagnetica



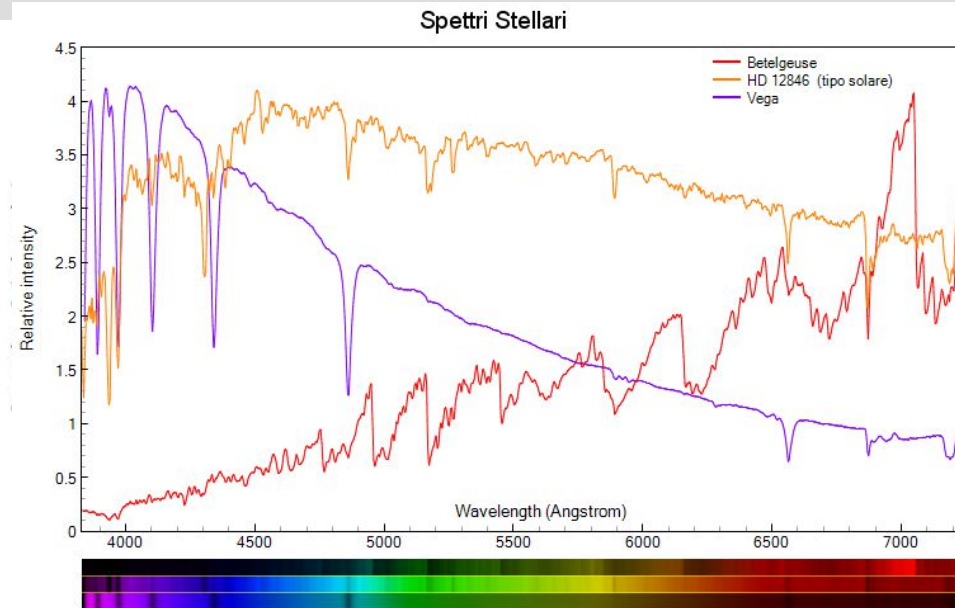
*Tutti gli astri emettono radiazione elettromagnetica(\*), dai raggi gamma, X, ultravioletti, luce visibile, infrarossi, microonde, fino alle onde radio.*

*(\*) energia che si propaga nello spazio per mezzo di particelle (fotoni).*

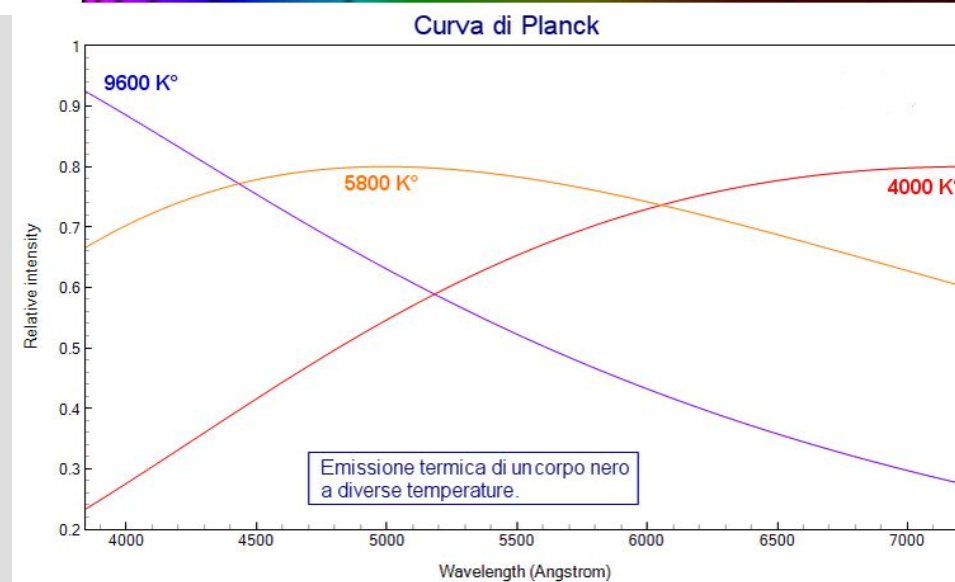
*Da Terra si può accedere solo ad una piccola porzione dello spettro elettromagnetico (luce visibile) che si estende dalla lunghezza d'onda di **3800** Angstrom nel **violetto** fino a circa **7500** Angstrom nel **rosso**.*



# Le sorgenti stellari e la distribuzione di Planck



*Le stelle emettono principalmente radiazione elettromagnetica di tipo termico che si distribuisce secondo una curva caratteristica chiamata curva di Planck (emissione di corpo nero).*



*Ad esempio una stella bianca come Vega (9000 K°) ha un picco di emissione nel **violetto**, mentre una stella rossa come Betelgeuse (4000 K°) un picco nel **rosso** ed una stella gialla come il Sole (5800K) emette principalmente nella parte centrale dello spettro.*



# Il sistema delle magnitudini



*Il sistema delle magnitudini venne introdotto nell'antichità da **Ipparco** di Nicèa per le stelle visibili ad occhio nudo e formalizzato solo nella metà dell' 800 da **Pogson**.*



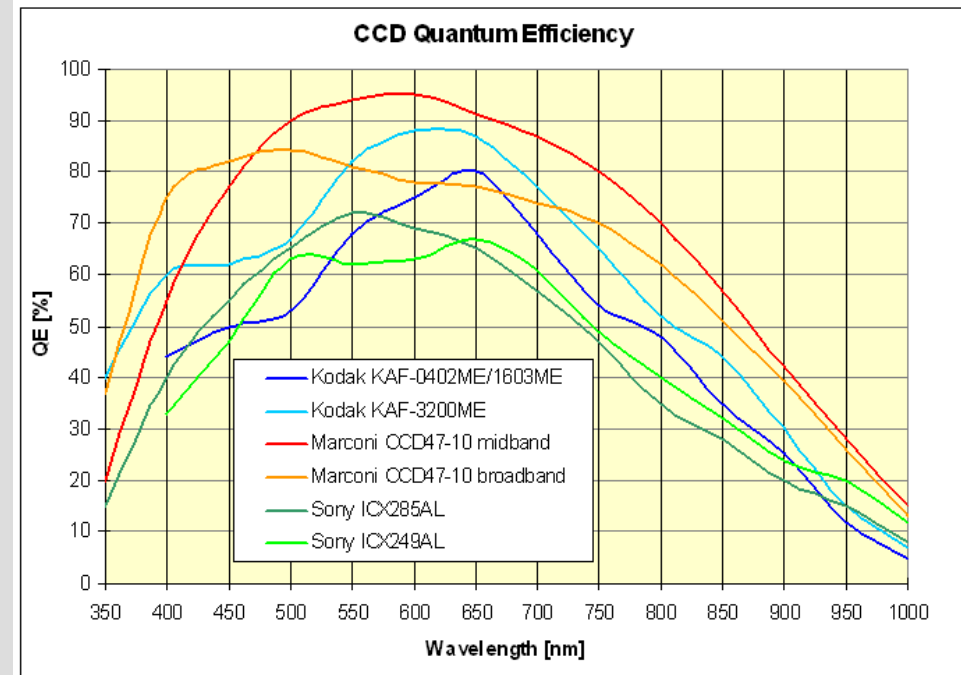
*La scala delle magnitudini è di tipo logaritmico. Sostanzialmente la differenza di magnitudine tra due stelle ( $\Delta m$ ) è legata al logaritmo del rapporto dei flussi delle due sorgenti secondo la relazione:*

$$\Delta m = m_1 - m_2 = -2.5 \log(f_1/f_2)$$

*Un rapporto di 100 tra i flussi delle due sorgenti corrisponde alla differenza di cinque magnitudini.*

# Fotometria

*Con la fotometria misuriamo il flusso luminoso integrato proveniente dalle sorgenti stellari. I sensori CCD hanno delle curve di sensibilità diverse che cambiano in base al modello ed al costruttore.*

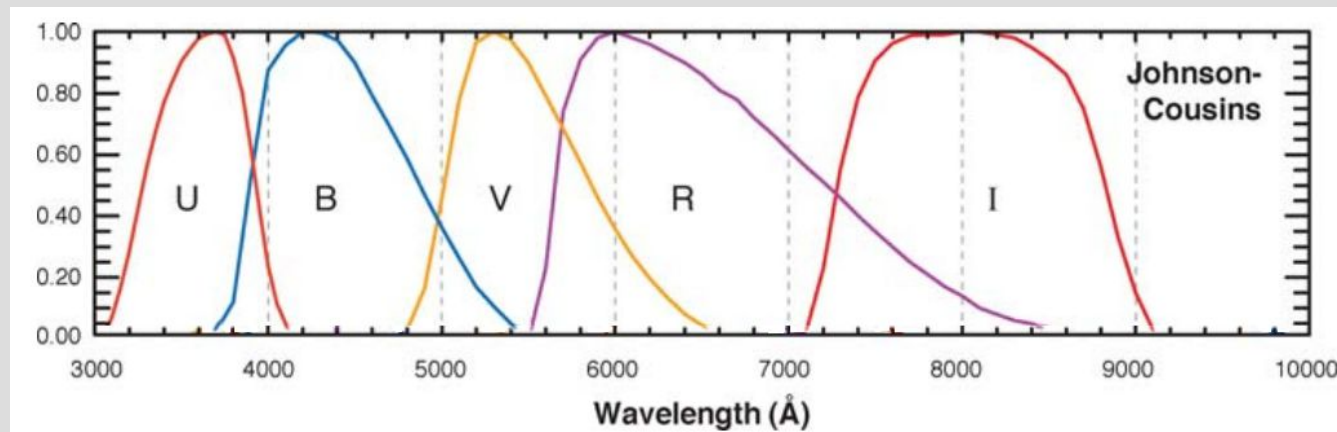


*Appare evidente come le misure del flusso luminoso saranno influenzate dalla curva di risposta del sensore CCD e da altri fattori esterni (es. estinzione atmosferica, telescopio).*

**C'e bisogno di una *standardizzazione***

# Il Sistema Fotometrico Standard

Si basa su un insieme di regole e di filtri che lasciano passare solo una porzione del flusso luminoso all'interno di bande fotometriche ben definite (*Ultravioletto*, *Blu*, *Visuale*, *Rosso*, *Infrarosso*) come descritto da Bessell nel 1990 e basato su una serie di campi stellari di calibrazione “*campi di Landolt*”.

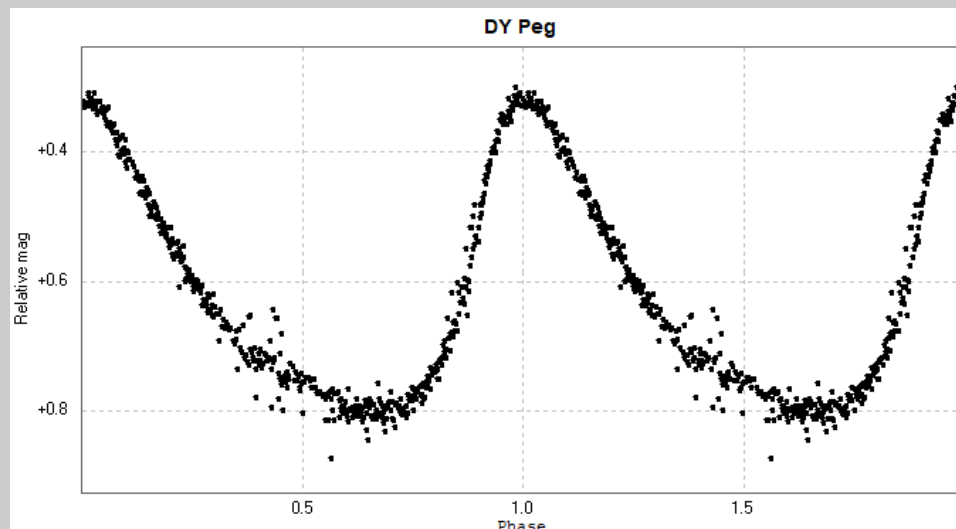


*I filtri fotometrici ci svincolano dalla curva di risposta del sensore CCD ed i campi di Landolt (disposti lungo la fascia equatoriale) ci forniscono un sistema di calibrazione che ci permette di tarare in modo accurato il nostro sistema di misura (telescopio + filtri + ccd + atmosfera).*

# Fotometria – qualche esempio

Molteplici sono i campi di applicazione della fotometria, si va dalle stelle variabili, ai transienti (novae, supernovae), ai pianeti extrasolari e fino ai corpi minori del sistema solare (asteroidi e comete).

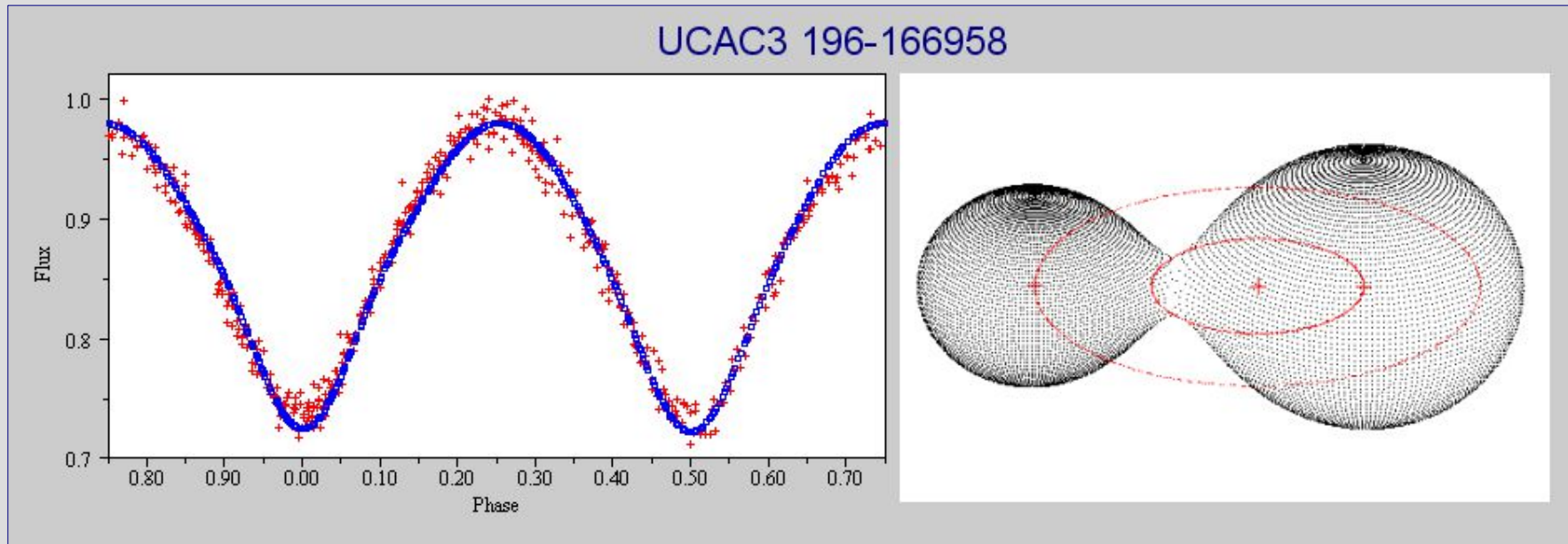
Le variazioni di luminosità in relazione al tempo sono descritte dalla “*curva di luce*”.



*DY Peg* è una stella variabile pulsante nella costellazione di Pegaso. Il grafico mostra le variazioni di luminosità della stella che oscillano dalla magnitudine 10.0 (max) a 10.6 (min) in banda V in soli 105 minuti.

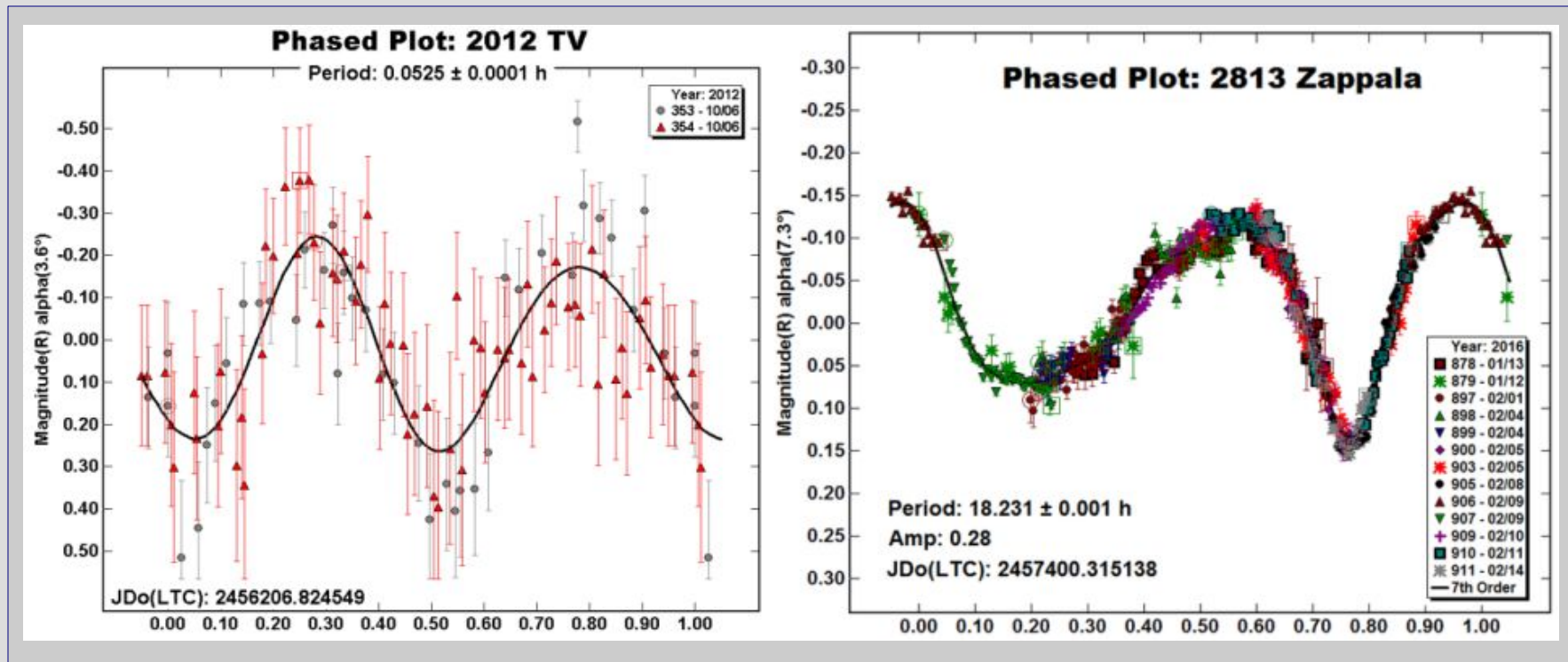


# Fotometria – qualche esempio



*UCAC3 196-166958. Stella variabile binaria “a contatto”. Il grafico mostra le variazioni di luminosità con due minimi e due massimi che si ripetono ogni 8.66 ore. I minimi si verificano quando le due stelle si eclissano reciprocamente rispetto alla nostra linea di vista, mentre i massimi si verificano quando le due stelle sono entrambe visibili senza alcuna eclisse. Il modello è stato ottenuto dalla curva di luce, fissando alcuni parametri come il rapporto delle masse.*

# Fotometria – qualche esempio

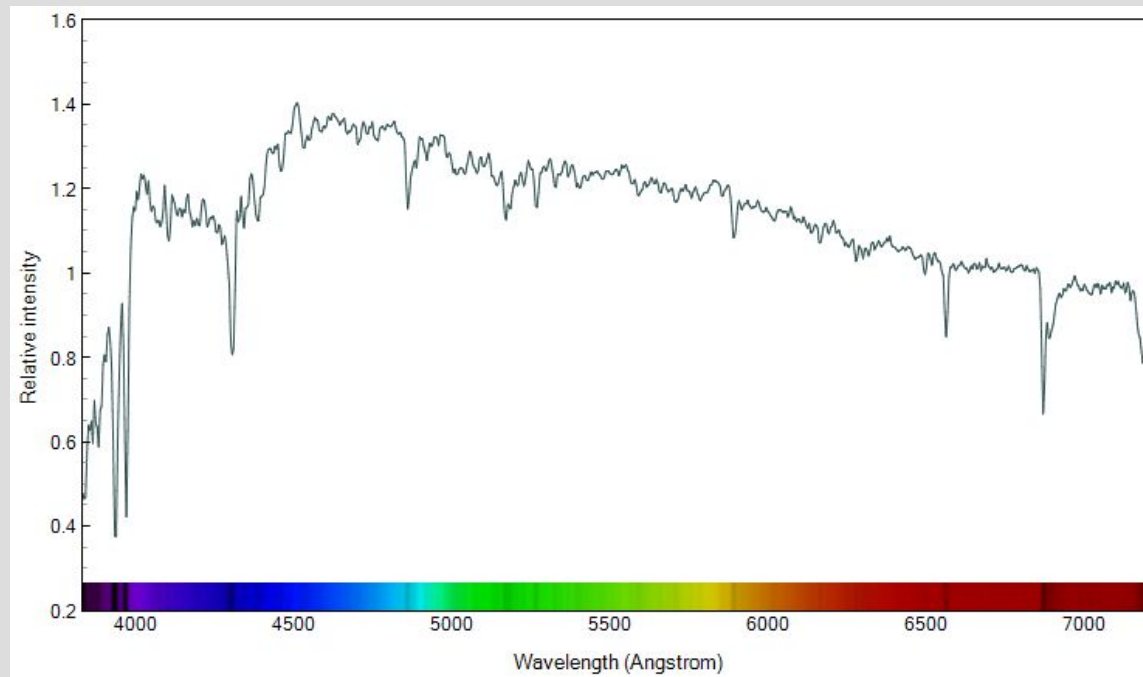


*Curva di luce di due asteroidi. A sinistra il NEA (near-Earth asteroid) 2012 TV che ruota vorticosamente su se stesso in 3.15 minuti. A destra la curva di luce dell'asteroide di fascia principale 2813 Zappala che ruota con un periodo di 18.231 ore.*

# Spettroscopia

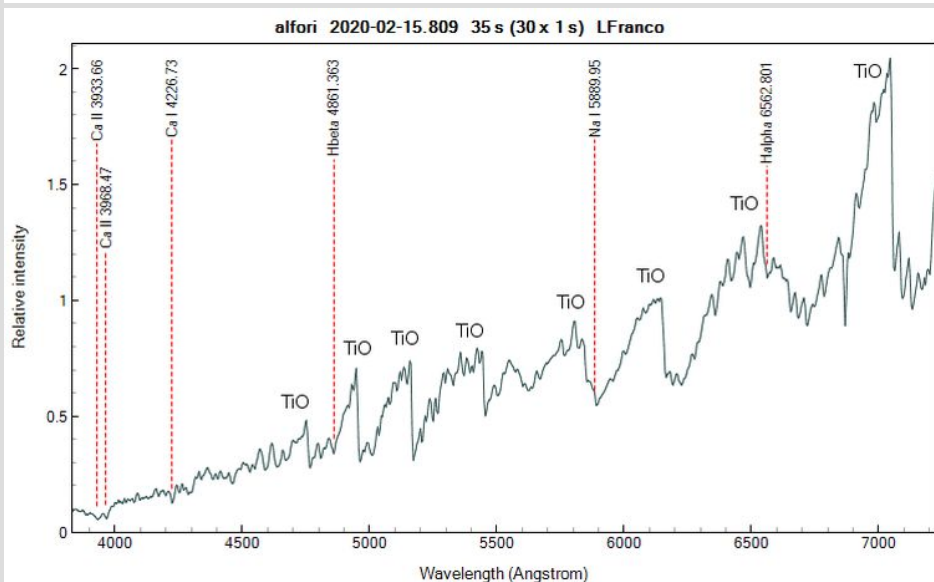
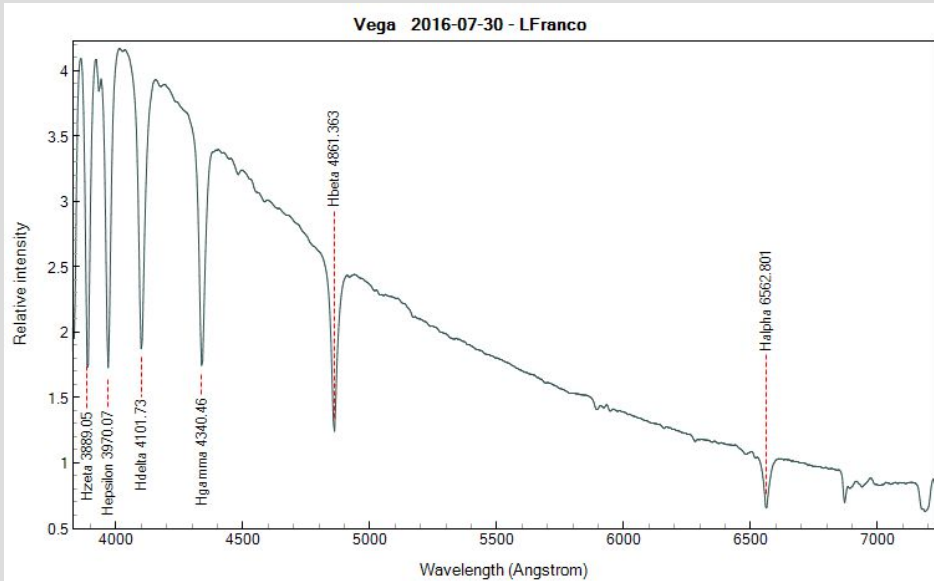
*Con la spettroscopia misuriamo il flusso luminoso distribuito nelle varie lunghezze d'onda (colori). La spettroscopia rappresenta un formidabile strumento di indagine poiché ci consente di analizzare direttamente alcuni parametri fisici delle sorgenti luminose.*

*Lo spettro ci trasporta l'impronta delle caratteristiche fisiche della sorgente (es: temperatura, velocità, composizione).*



*Spettro di una stella di tipo solare (G2V).*

# Spettri stellari



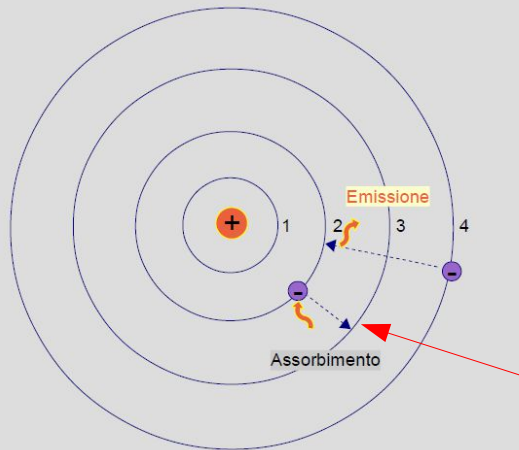
*Gli spettri sono caratterizzati da un "continuo" sul quale troviamo una serie di righe di assorbimento o di emissione. Il continuo è generato dalla radiazione termica emessa dalla sorgente, mentre le righe sono generate dai processi atomici che avvengono nell'atmosfera stellare.*

*[sopra] Nello spettro di una stella "calda" (Vega) prevalgono le righe dell'idrogeno (serie di Balmer,  $H\alpha$ ,  $H\beta$ ,  $H\gamma$ ...).*

*[sotto] Nello spettro di una stella "fredda" (Betelgeuse) prevalgono le bande di assorbimento molecolare dell'ossido di titanio.*

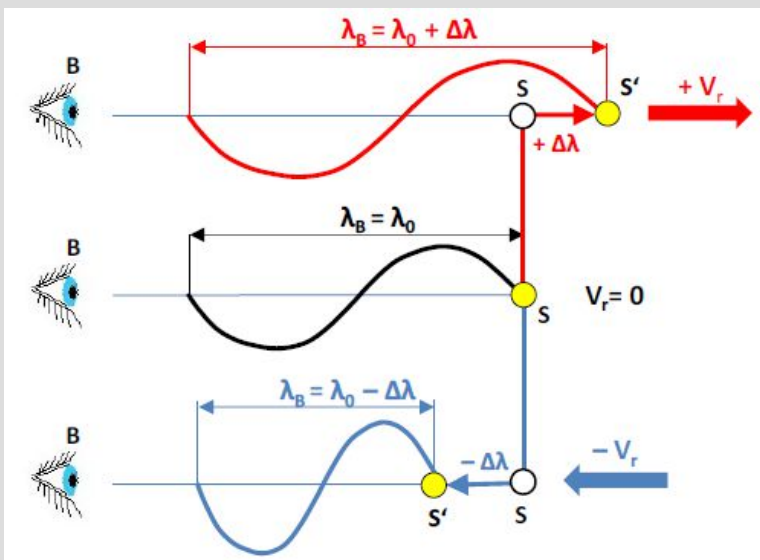


# Effetto Doppler



*La lunghezza d'onda di una determinata riga è fissata a livello atomico dai salti energetici con cui un fotone viene assorbito o emesso.*

$\lambda = h * c / \Delta E$  es.  $12403.3 / 1.89 \text{ eV} = 6563 \text{ \AA}$  ( $H\alpha$ )  
es. quando un fotone viene assorbito, l'elettrone salta dal livello energetico 2 al livello 3.



*Negli spettri si osservano variazioni di lunghezza d'onda causate dall'effetto Doppler (lo stesso che ci fa sentire il suono di una sirena più acuto/grave se la sorgente si avvicina/allontana).*

$$V_r \text{ (km/s)} = \Delta\lambda * c / \lambda_0$$

*Misurando la variazione di lunghezza d'onda ( $\Delta\lambda$  in Angstrom) possiamo ricavare la velocità della sorgente (km/s).*

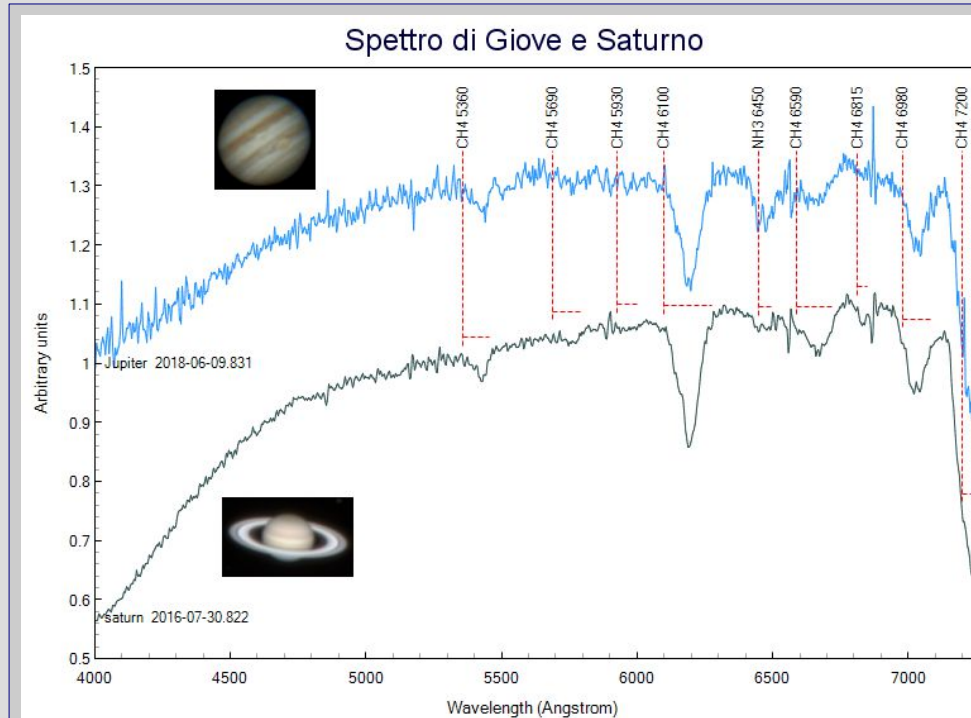
Credit: R. Walker "Analysis and Interpretation of Astronomical Spectra".

# Spettroscopia – qualche esempio

*Numerosi sono i campi di applicazione della spettroscopia per gli astrofili come il monitoraggio di:*

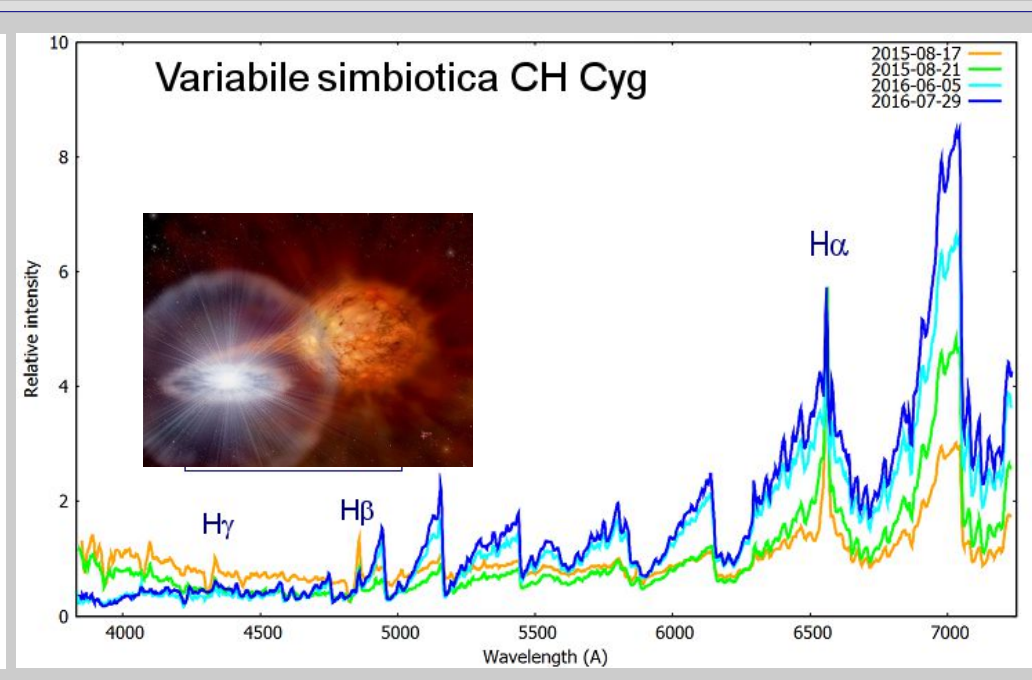
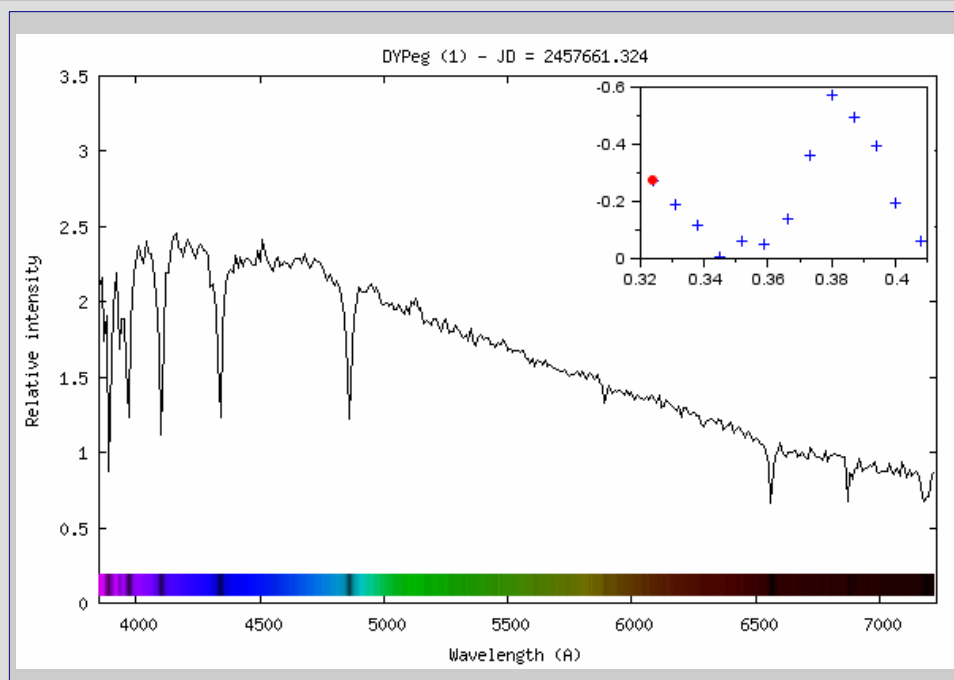
- *stelle variabili peculiari (simbiotiche, cataclismiche)*
- *stelle Be (stelle di tipo B con righe in emissione)*
- *novae e transienti.*

*Gli spettri possono essere messi a disposizione della comunità scientifica sui database **ARAS** e **AAVSO**.*



*Gli spettri dei pianeti gassosi Giove e Saturno sono simili e dominati dalle bande di assorbimento molecolare del metano (CH<sub>4</sub>) e dell'ammoniaca (NH<sub>3</sub>).*

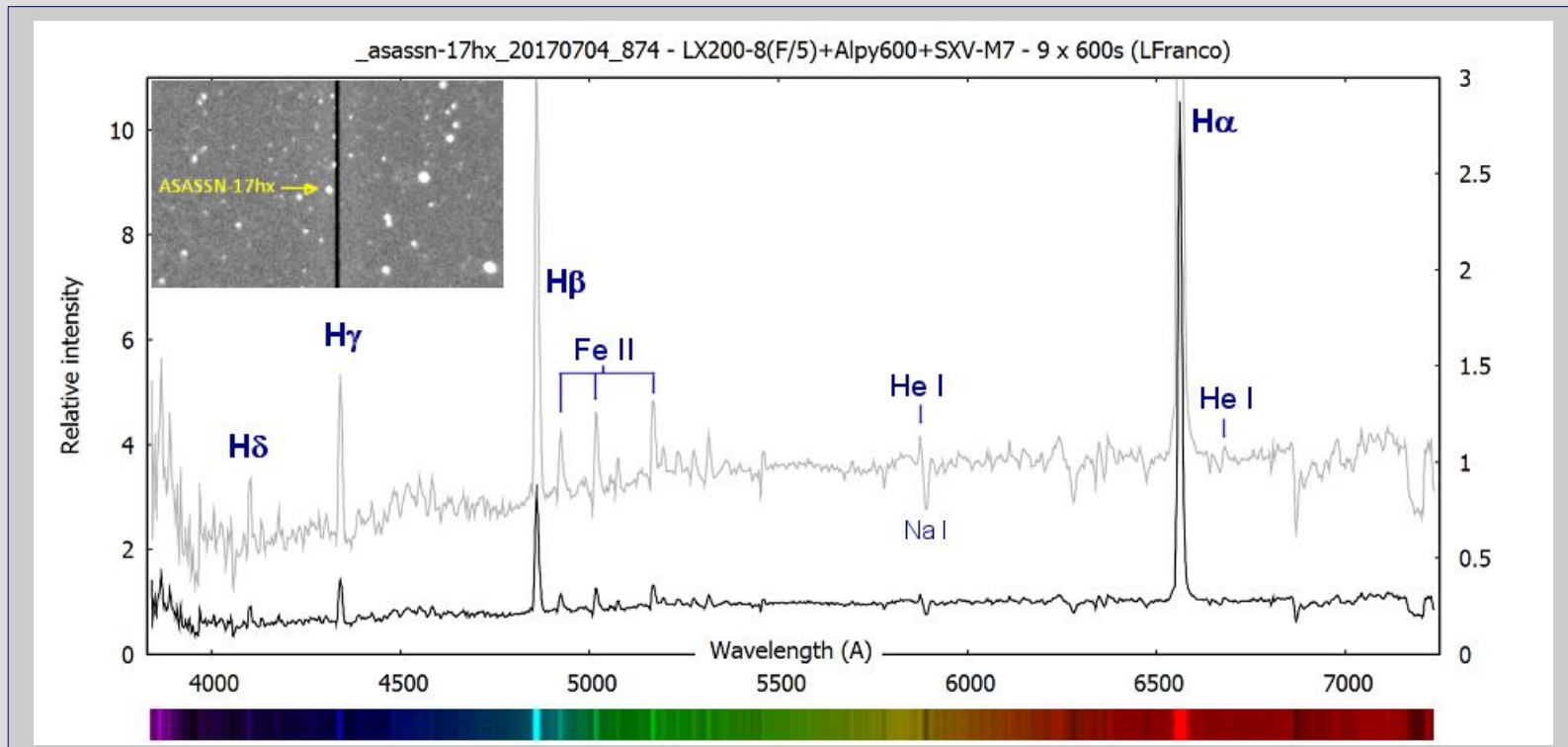
# Spettroscopia – qualche esempio



*Variabile pulsante **DY Peg** (1h45m). Il profilo spettrale cambia con la temperatura durante il ciclo di espansione e contrazione della stella, seguendo l'andamento della curva di Planck.*

*Variabile simbiotica **CH Cyg**, composta da una gigante rossa ed una nana bianca con un disco di accrescimento. Nello spettro si combinano le caratteristiche di queste singole componenti.*

# Spettroscopia – qualche esempio



***Nova Sct 2017*** a pochi giorni della sua scoperta. Le novae sono originate dalle variabili cataclismiche, composte da una nana bianca ed una piccola stella di sequenza principale da cui fuoriesce idrogeno che ricade sulla densa nana bianca. In condizioni di pressione e temperatura adeguate, sulla nana bianca si innescano delle forti esplosioni nucleari che causano un rapido incremento della luminosità del sistema, dando origine al fenomeno della nova.



# Conclusioni

*Gli astrofili possono fattivamente contribuire alla ricerca in campo astronomico fornendo dati utili per la comunità scientifica con l'uso della **fotometria** e della **spettroscopia**.*

*Per raggiungere questo risultato è comunque richiesto un approccio **rigoroso**, **documentato** e **ripetibile** nel processo di **acquisizione** delle immagini e di **riduzione** dei dati.*

# Domande

