

26 Marzo 2009 - Laboratorio di astronomia per i Licei - Spettrometria a cura di Paolo Valisa - Angelo Stanzione

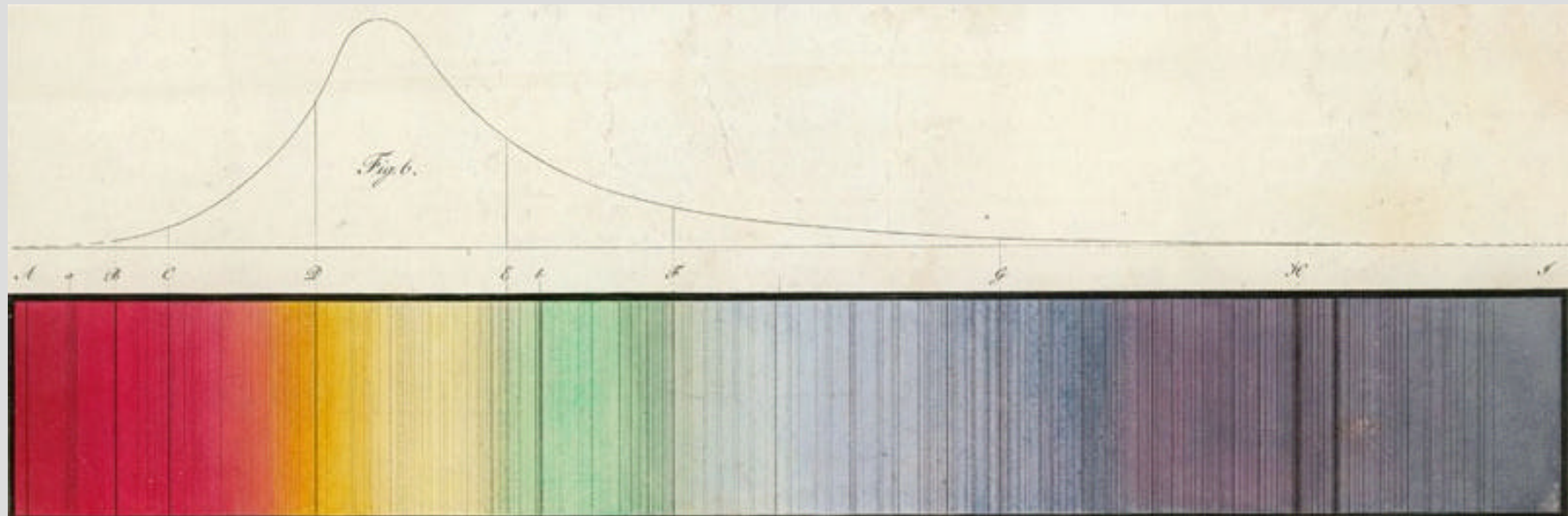
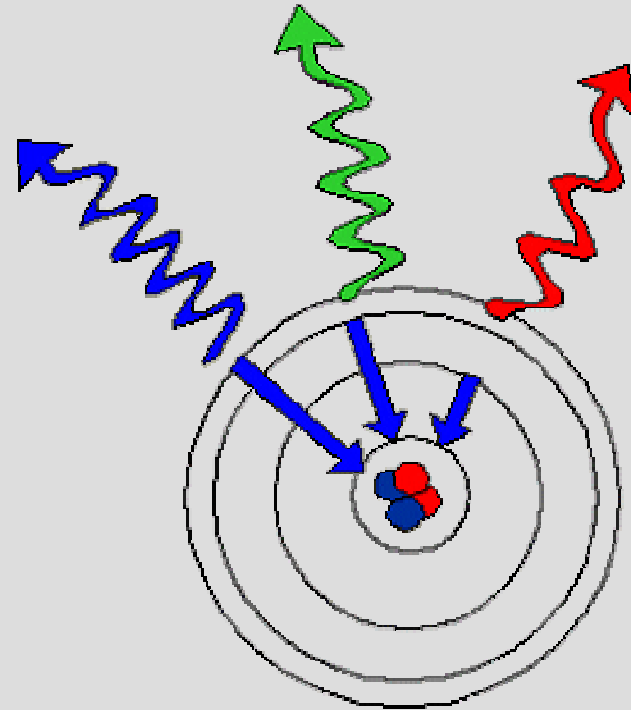
- Storia della spettroscopia astronomica
- Gli spettri di stelle e nebulose
- Il reticolo e gli spettrografi
- Effetto Doppler
- Beta Aurigae
- Rotazione di Saturno e suoi anelli
- La legge di Hubble
- Red Shift di M87 e 3C273



"Sappiamo che è possibile determinare la forma delle stelle, le loro distanze, dimensioni e movimenti; al contrario non avremo mai nessun mezzo a disposizione per conoscere la loro composizione chimica o la struttura mineralogica e tantomeno nessun modo di conoscere la natura di creature organizzate che vivessero sulla loro superficie...in definitiva la nostra conoscenza delle stelle è necessariamente limitata puramente a fenomeni geometrici e meccanici, senza che sia possibile affrontare ricerche fisiche, chimiche o fisiologiche..."

“Cours de Philosophie Positive” - Auguste Comte (1935)

Fraunhofer e lo spettro solare (1817)



Lo studio della luce: Nasce la spettroscopia



Tipo A



Tipo G

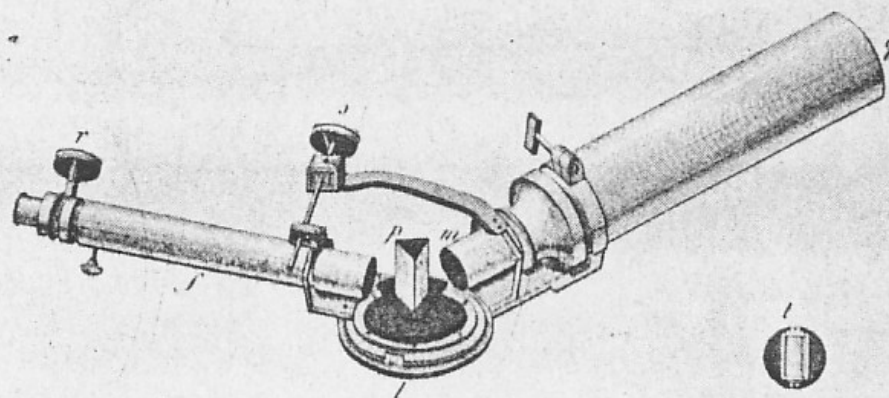


Tipo M

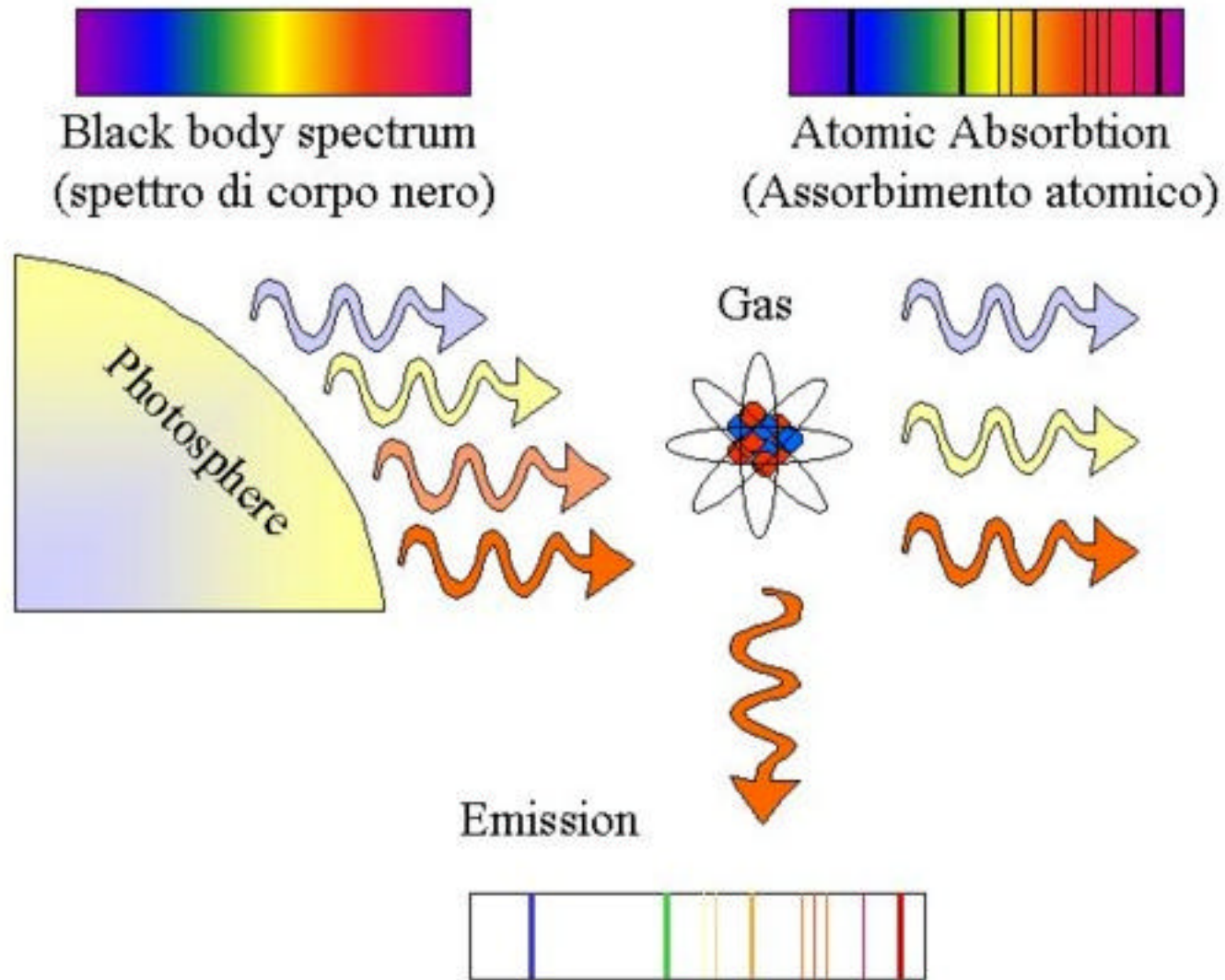


Tipo S

Fig. 2.

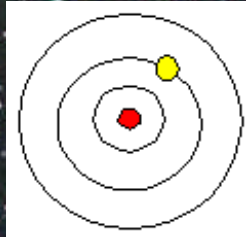


Produzione di uno spettro Stellare

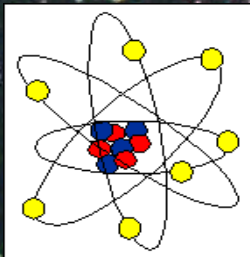
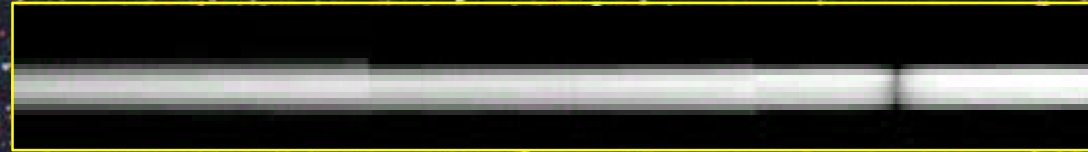


Legge di Saha

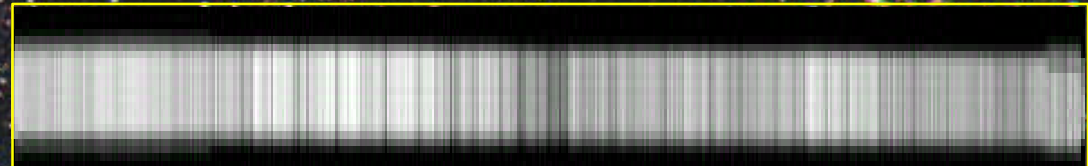
Vega



10000 K

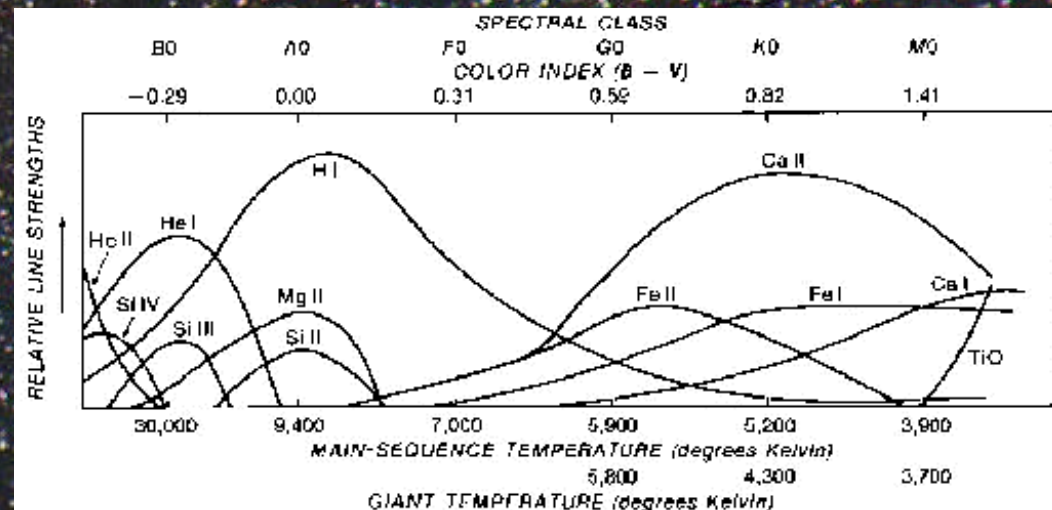


3500 K



$$\frac{N_i \times P_e}{N_0} = T^{\frac{3}{2}} \times e^{-X/KT}$$

X=potenziale ionizzazione



La materia oscura

Gas e polveri

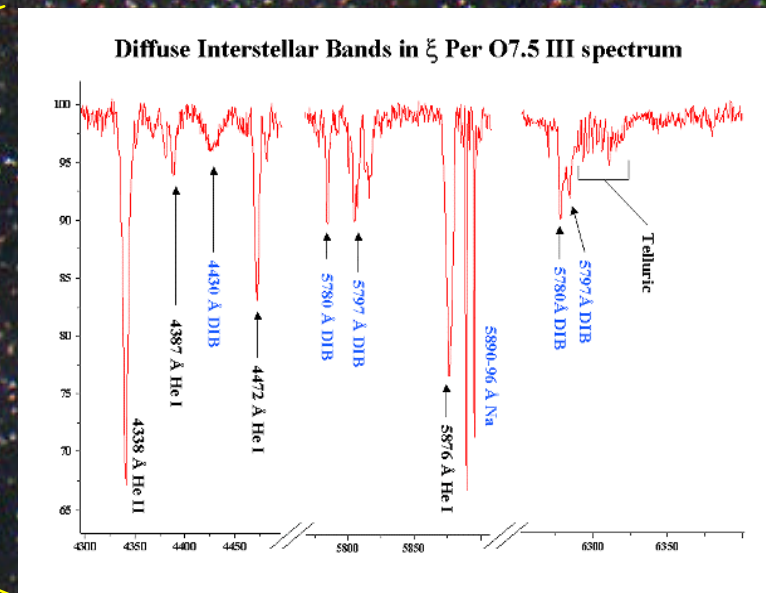
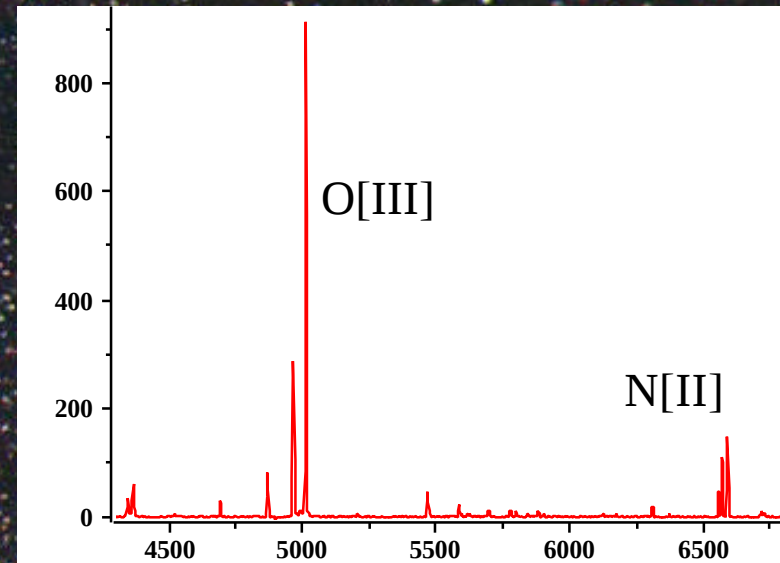
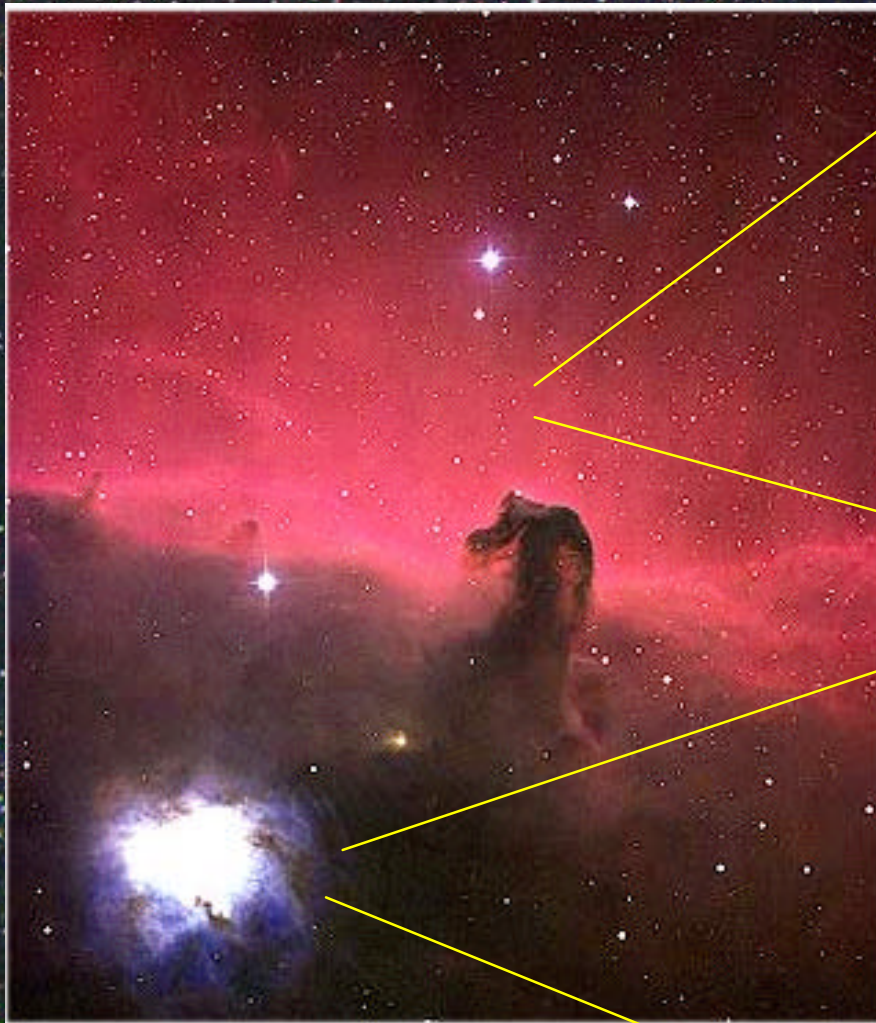


FIGURA A

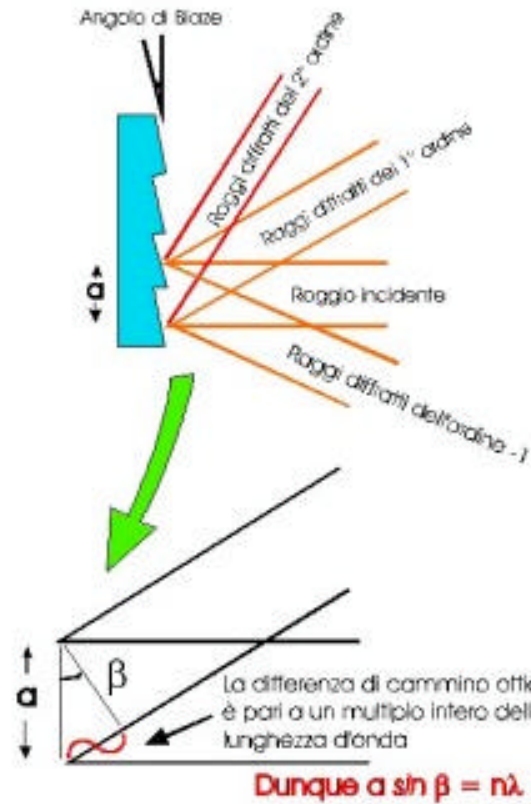
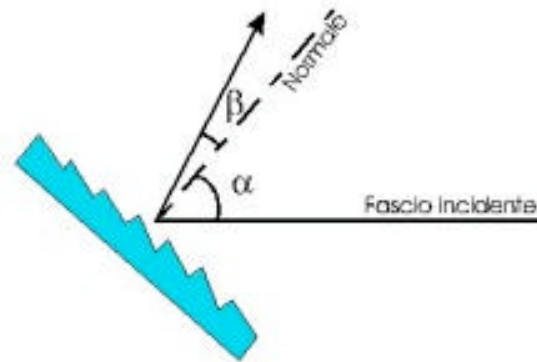
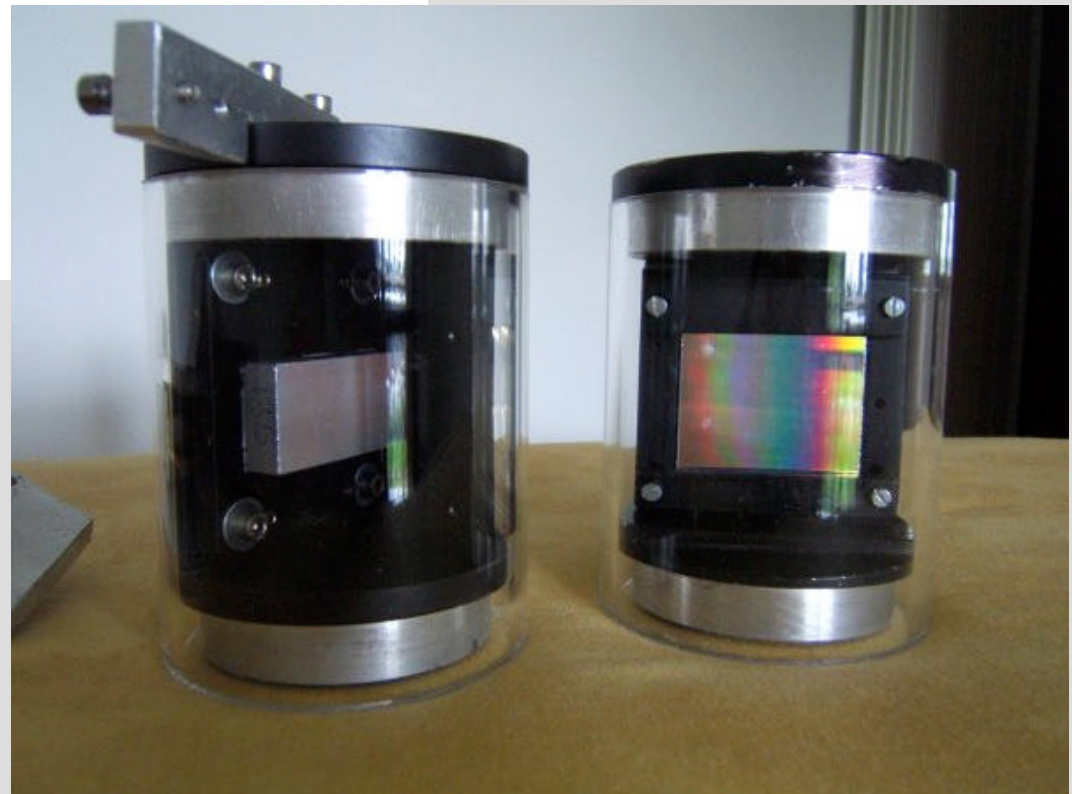
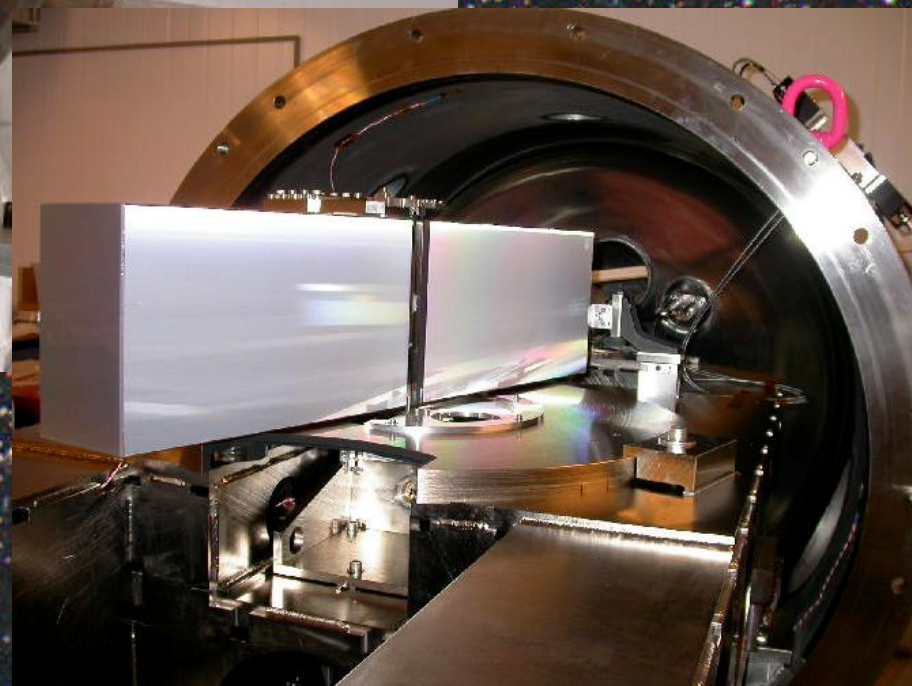
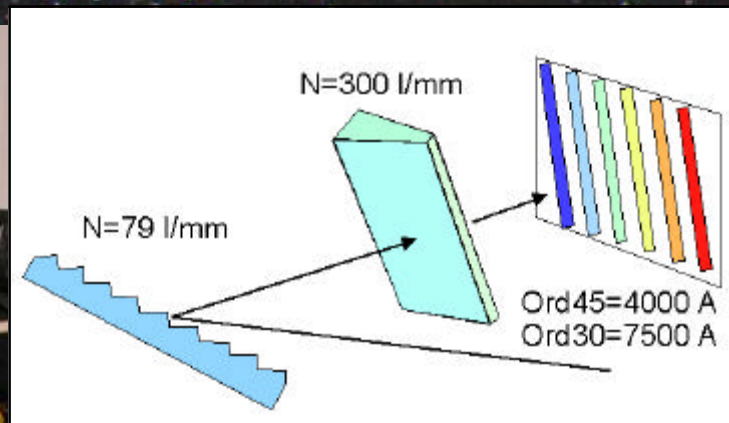
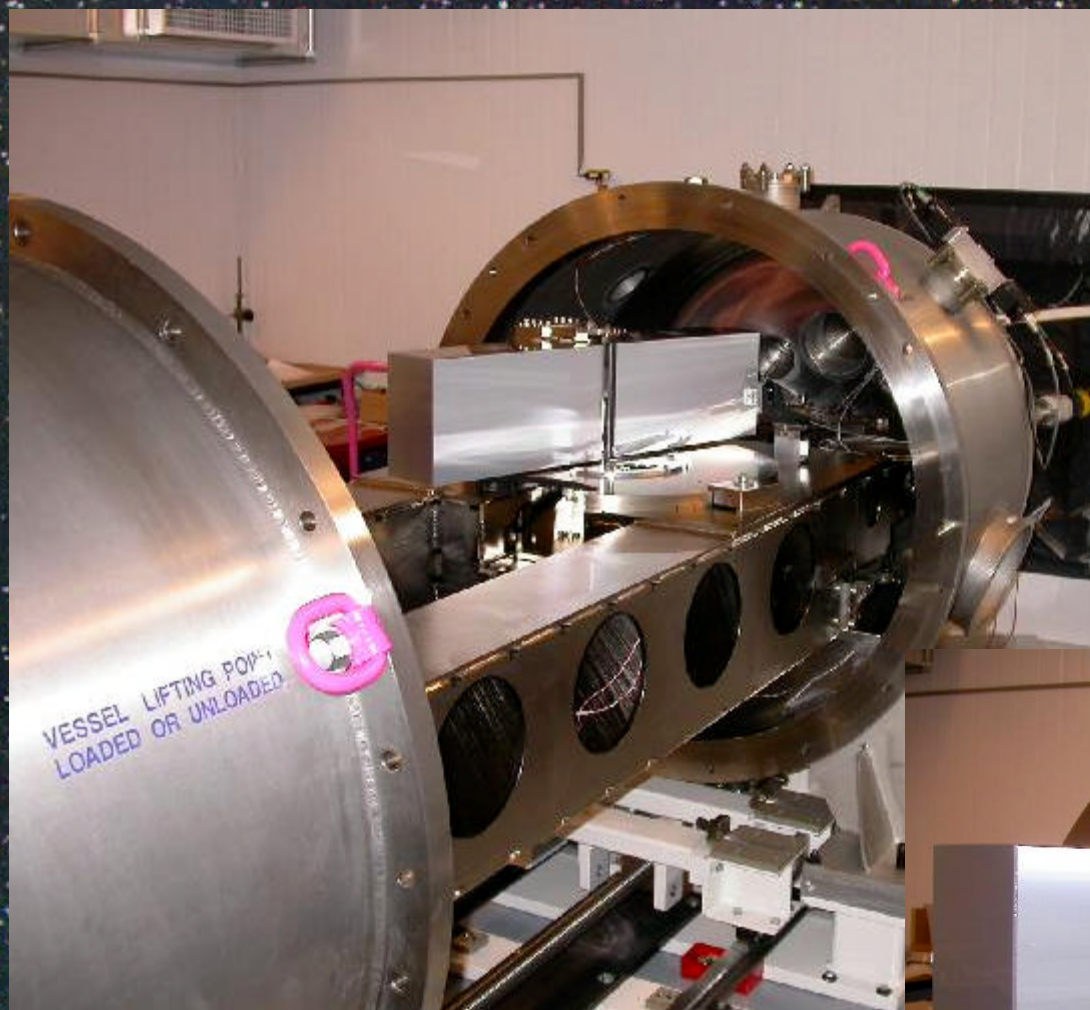


FIGURA B

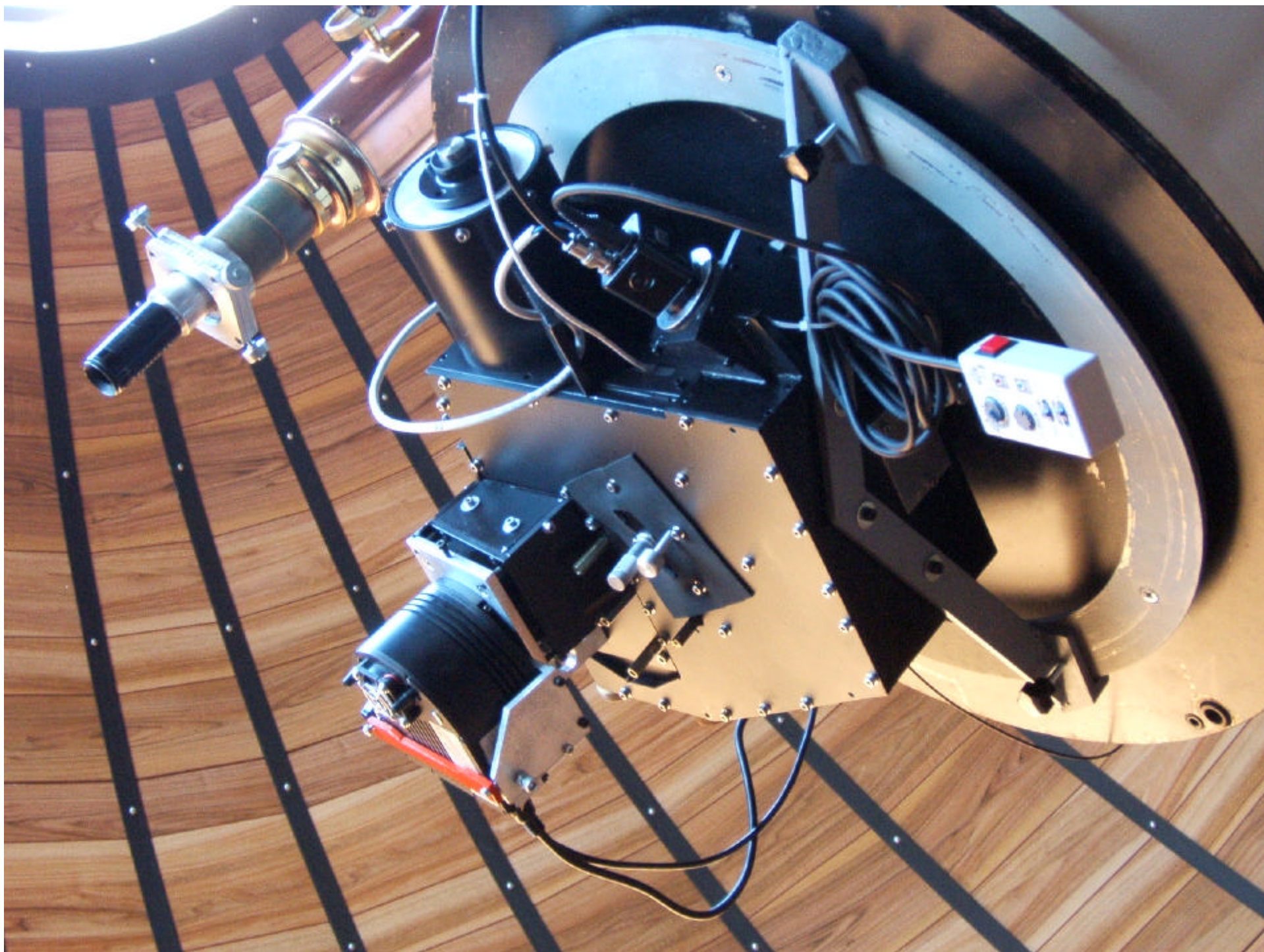


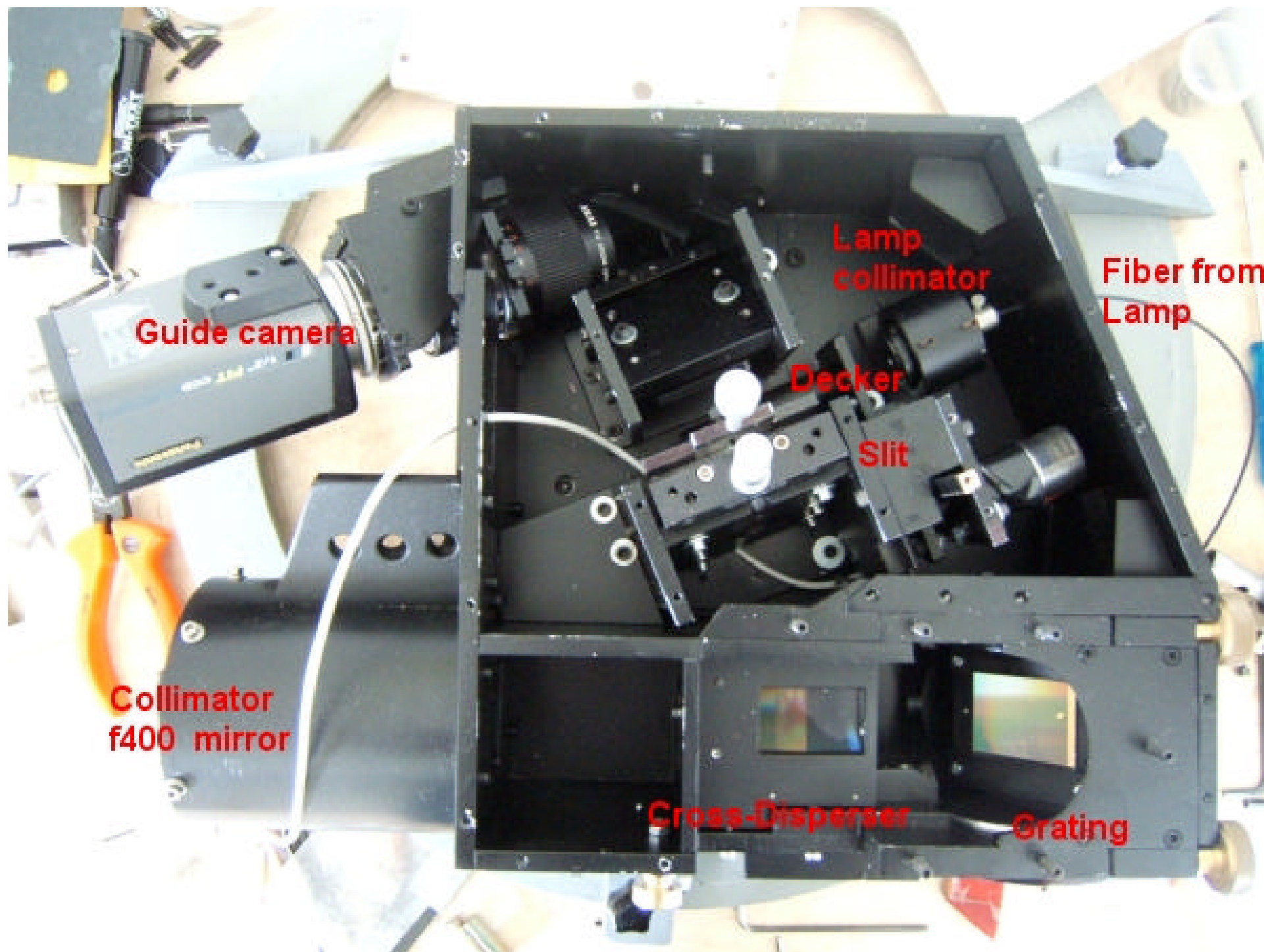
Il reticolo di diffrazione



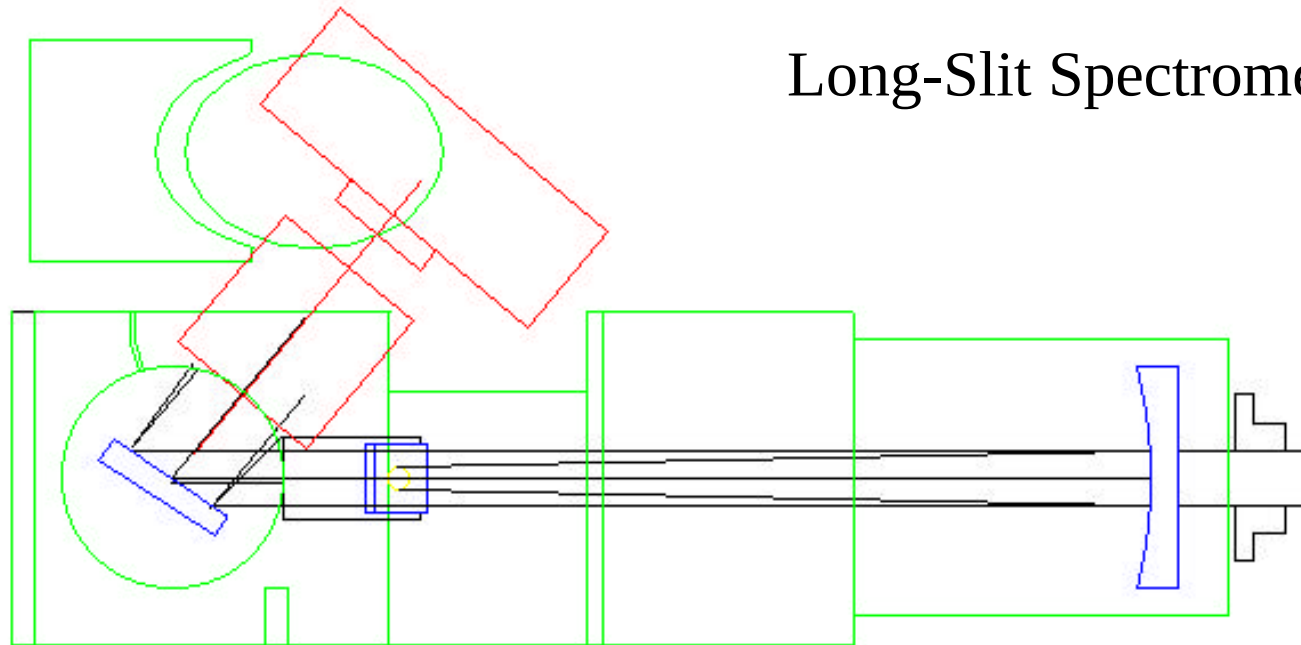


**HARP spettrometro echelle del
3.6 metri dell'ESO. Risoluzione 3 m/sec**

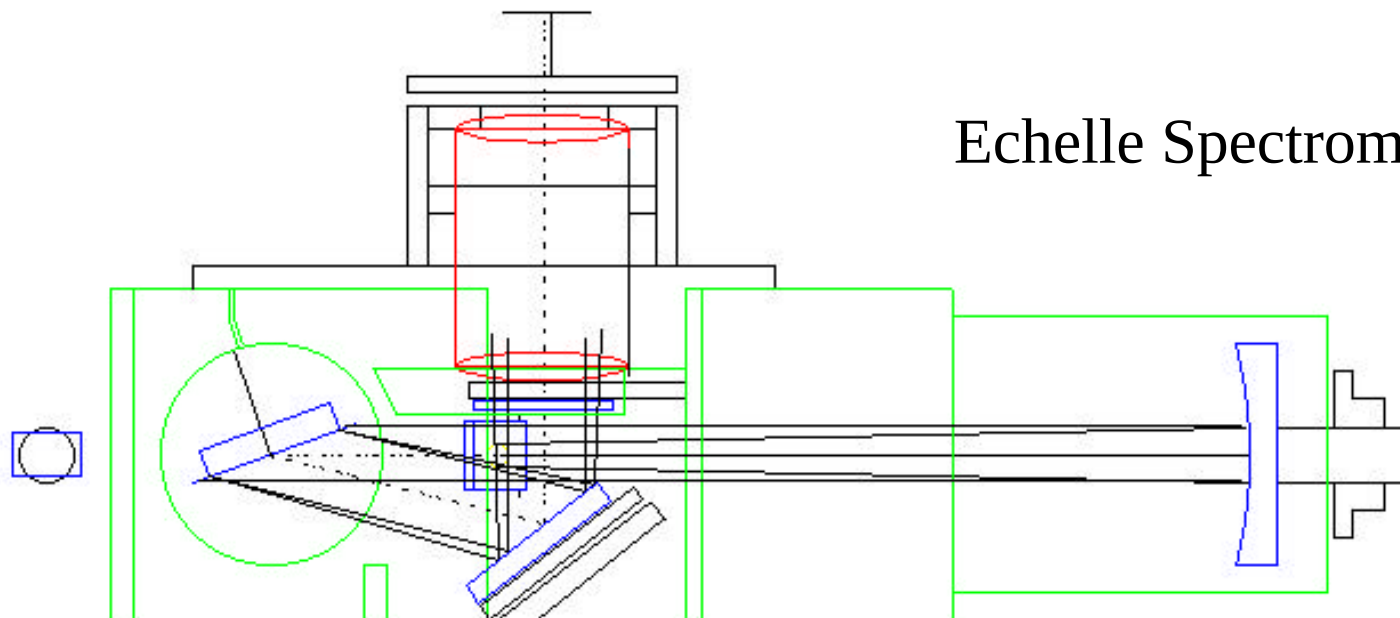




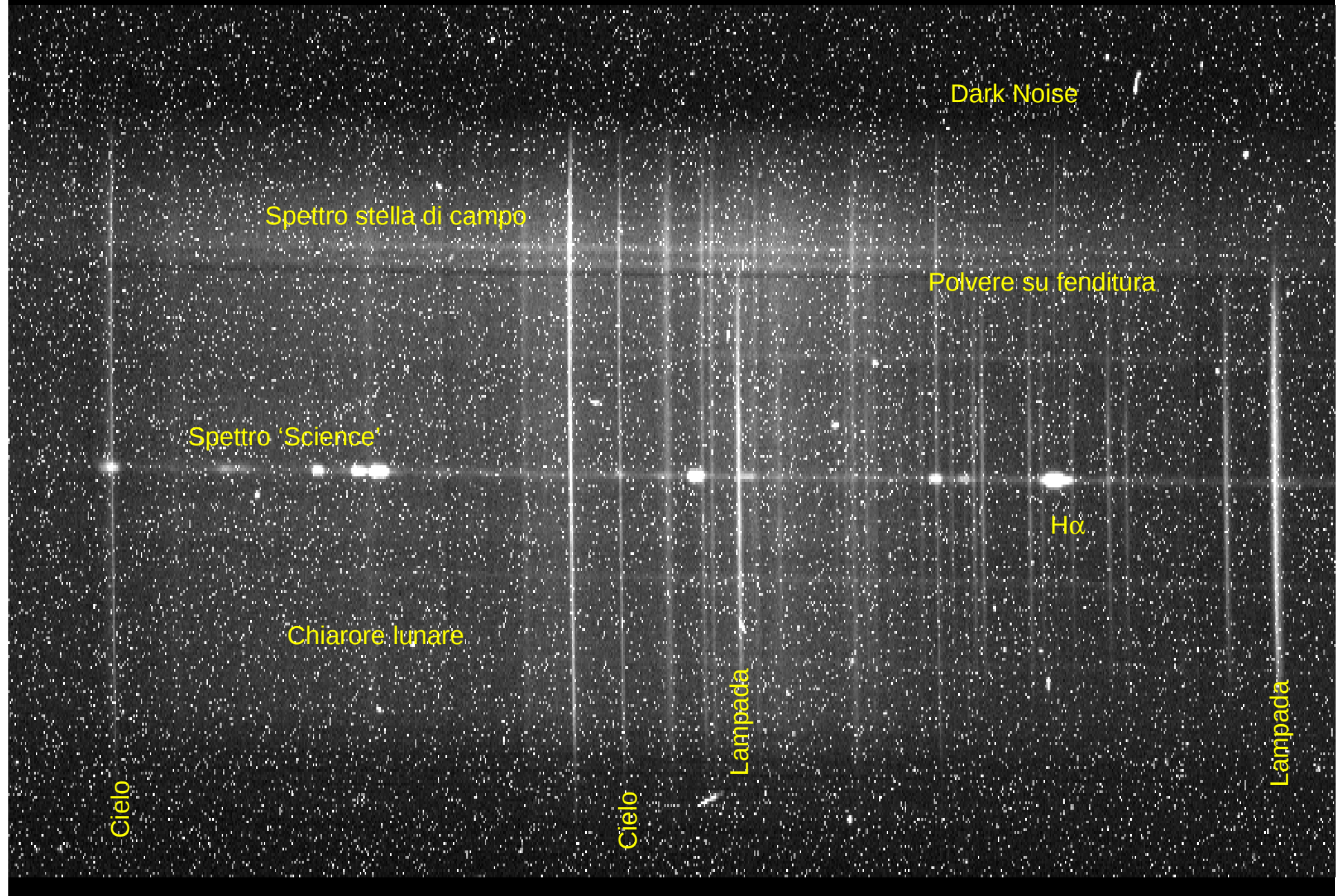
Long-Slit Spectrometer

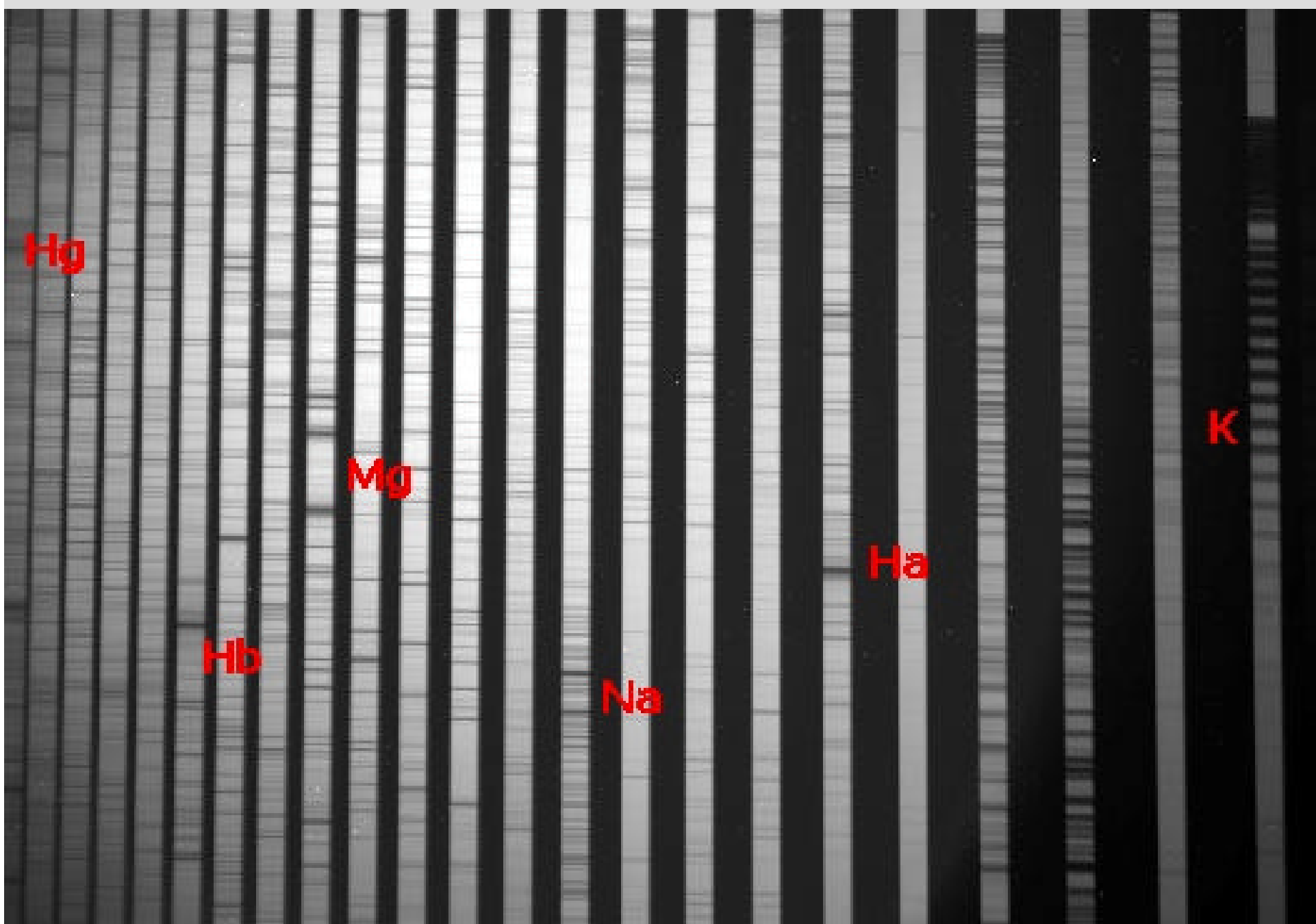


Echelle Spectrometer



Esempio spettro grezzo: Nova cyg 2006 31-12-06 V=13.3





Hg

Mg

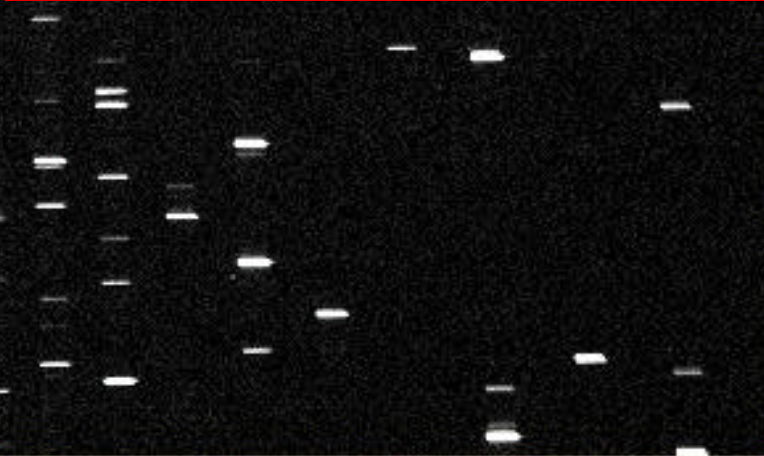
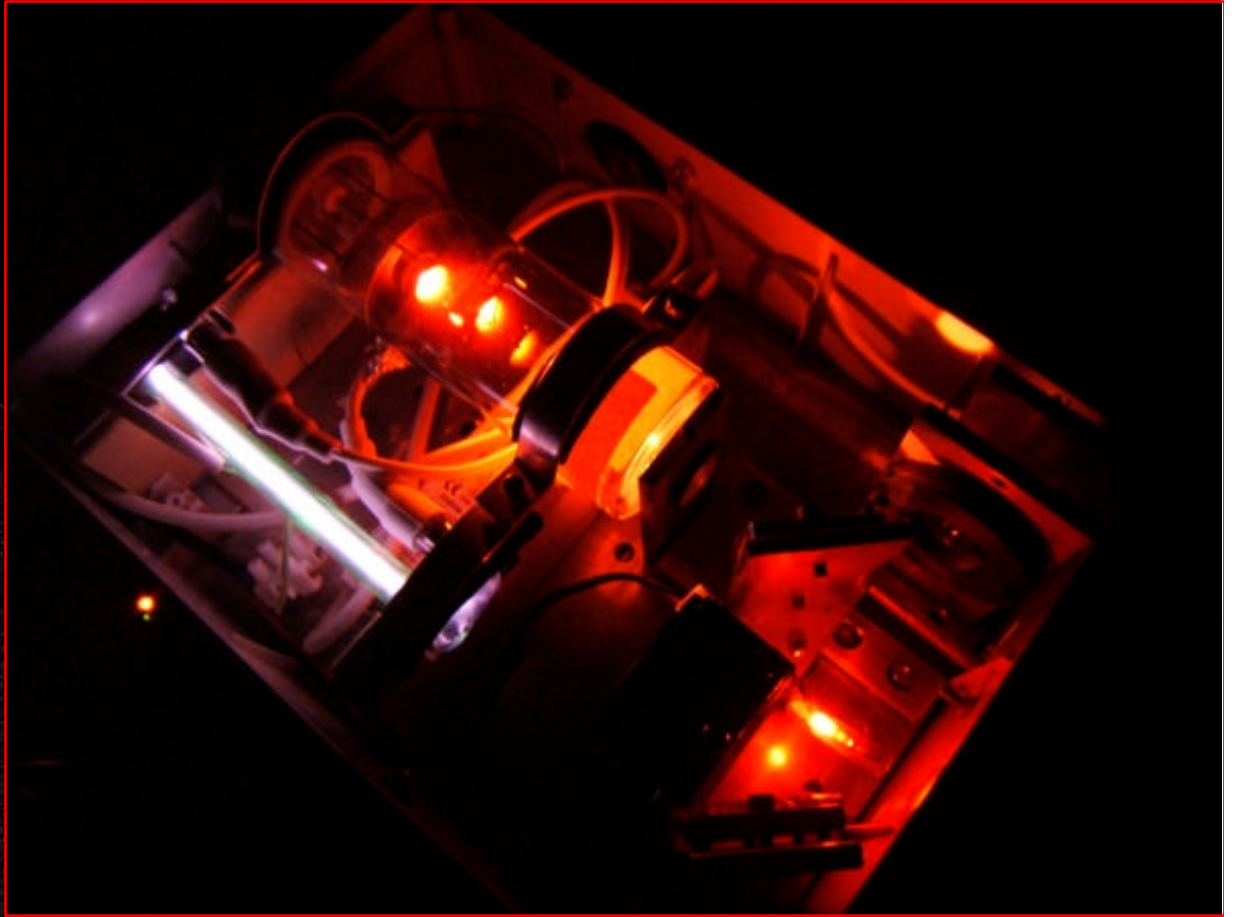
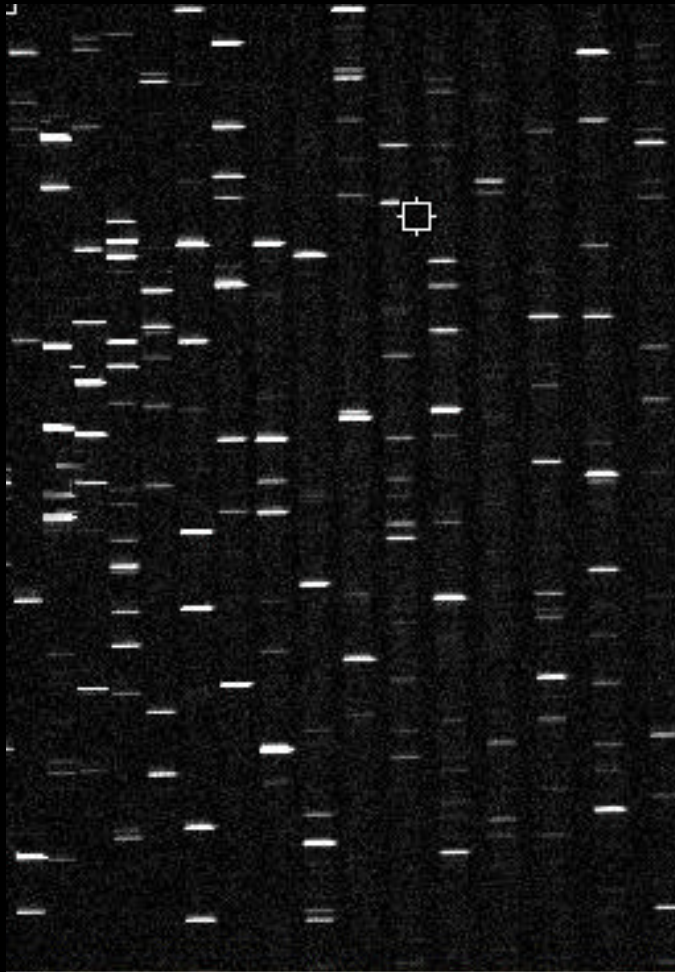
Hb

Na

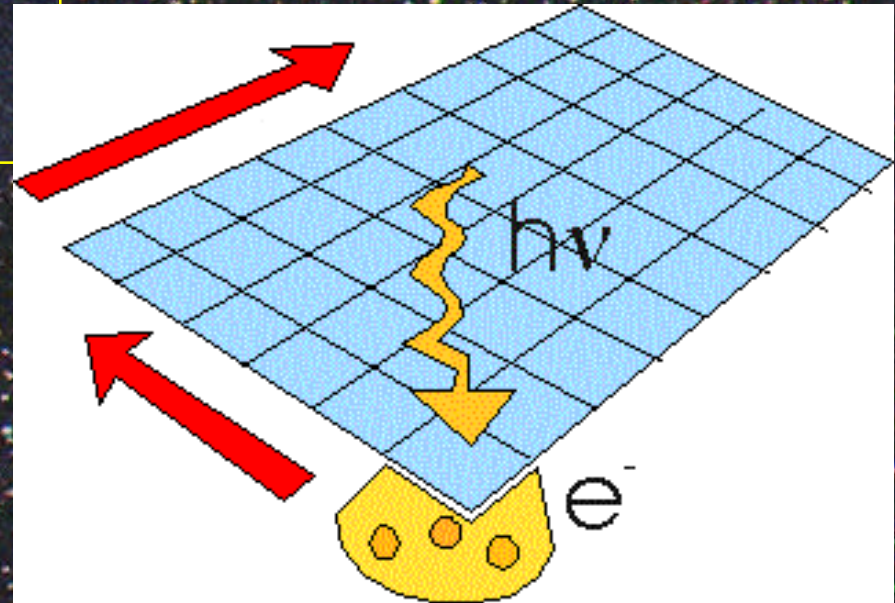
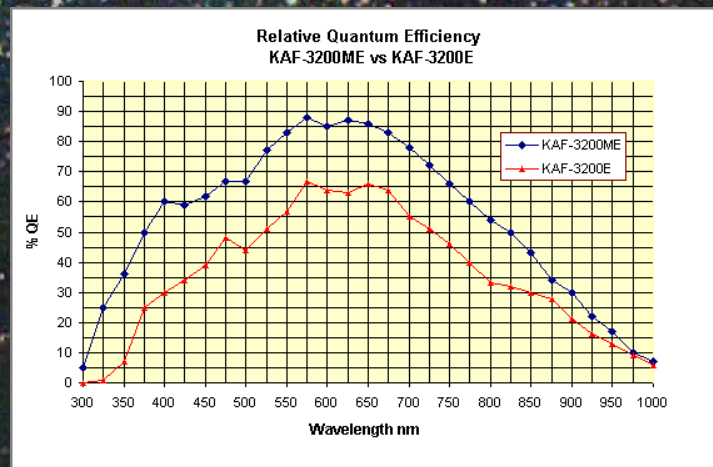
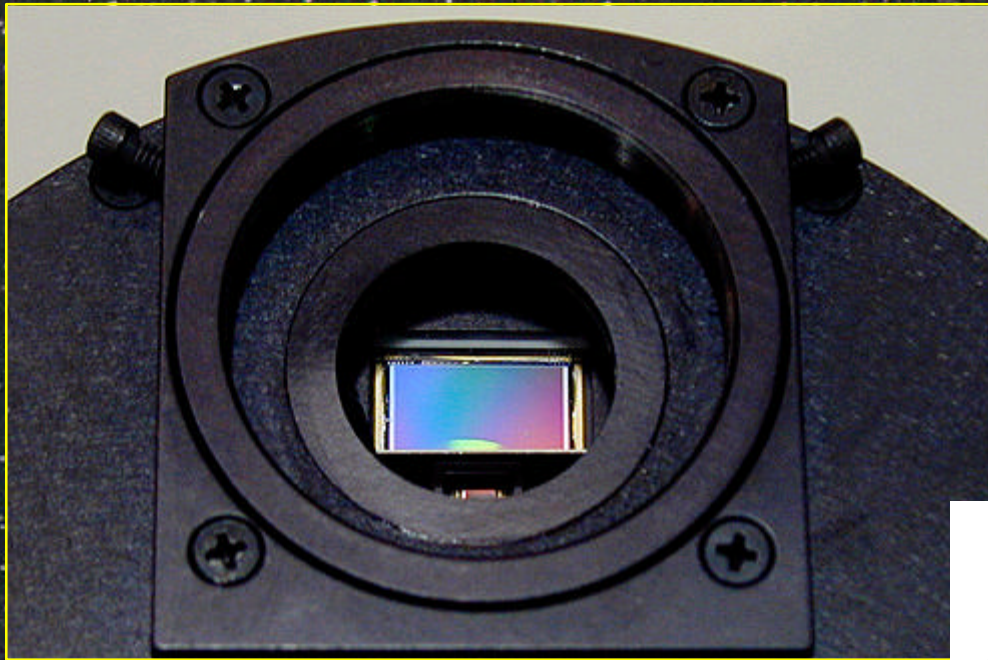
Ha

K

Lampada di calibrazione

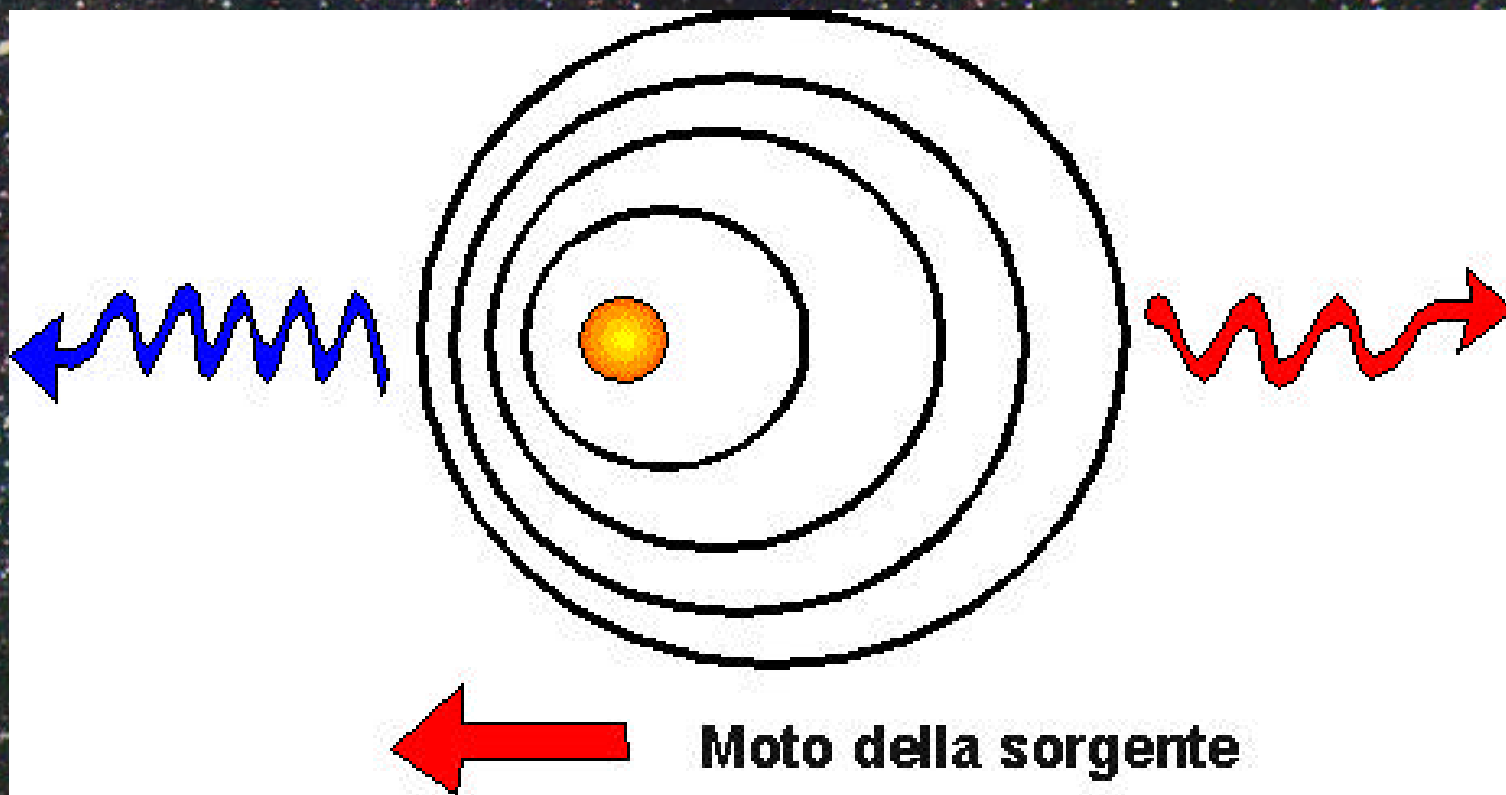


I nuovi rivelatori elettronici CCD

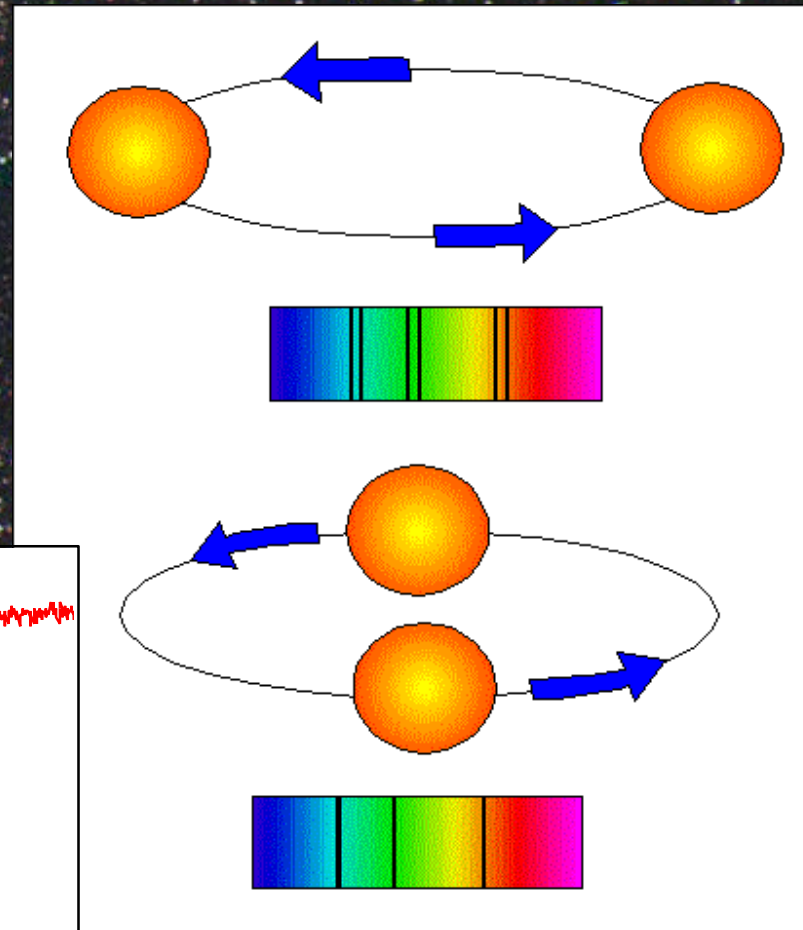
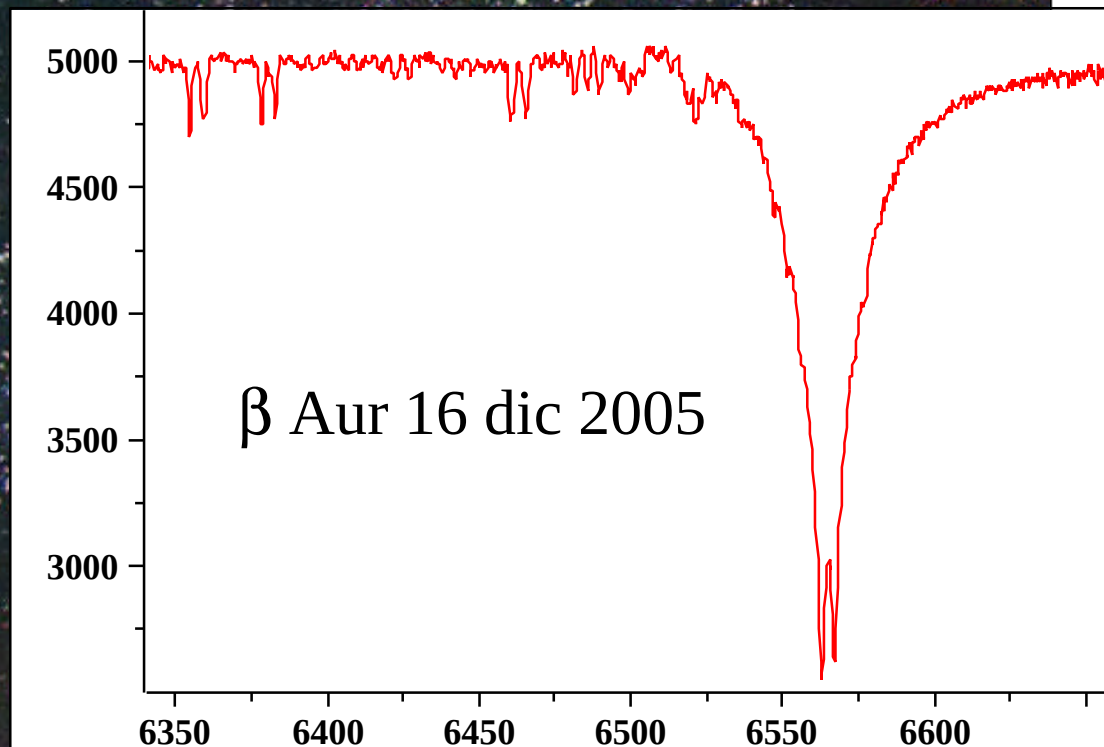


L'effetto Doppler

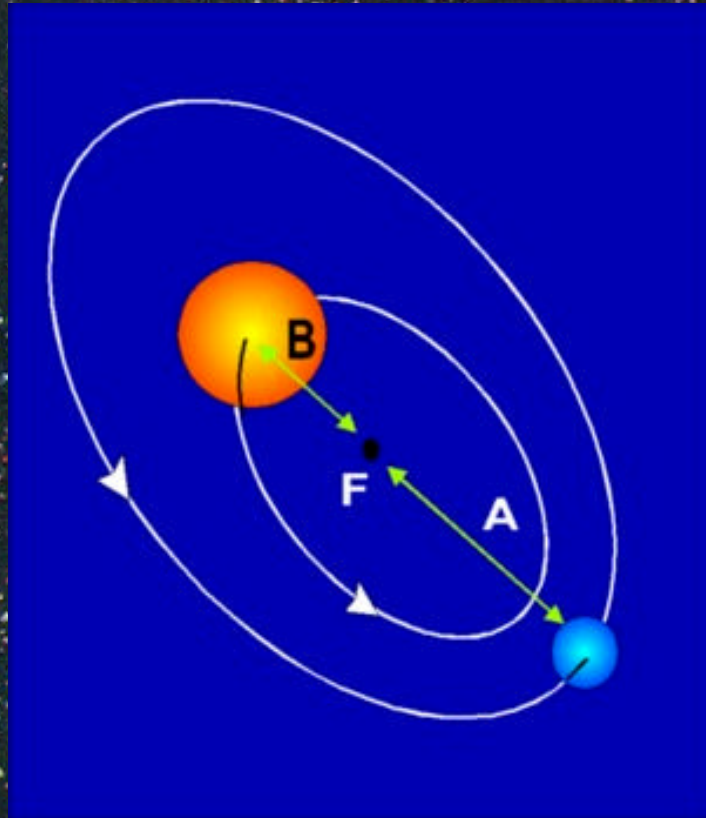
$$\Delta\lambda/\lambda = v/c$$



Grazie all'effetto Doppler possiamo misurare le stelle doppie



L'importanza delle stelle doppie. La misura della massa



Dalle osservazioni ricaviamo il periodo **P**, e inoltre dalla velocità radiale (Doppler) ricaviamo il raggio delle orbite e i due semiassi delle orbite **A** e **B**. Cio' basta per calcolare le masse delle due stelle. Con osservazioni visuali si conosce solo il valore angolare di A e B e dunque occorre anche una stima di distanza.

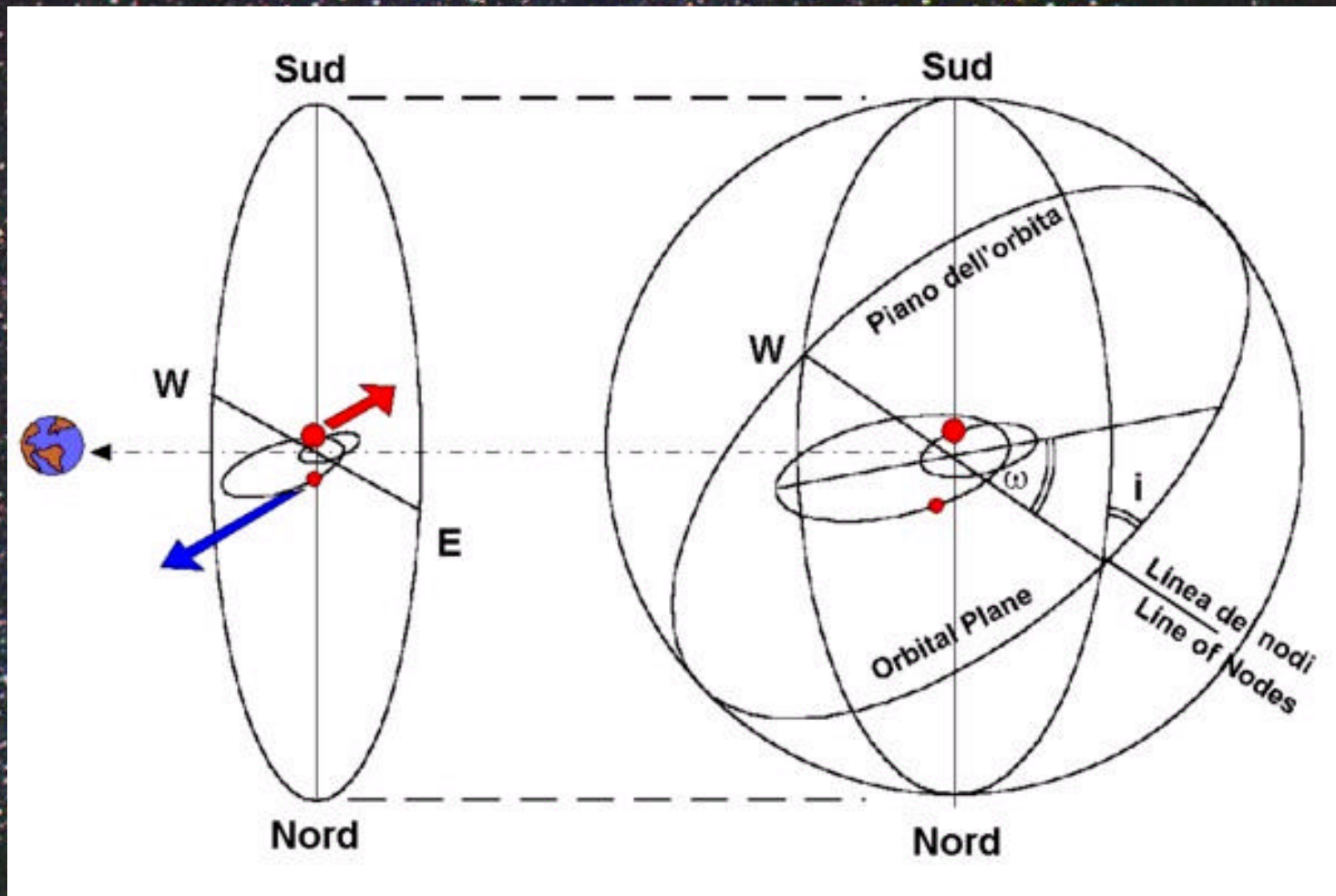
Quindi applicando la terza legge di Keplero:

$$(M_A + M_B) = (A + B)^3 / P^2$$

e inoltre deve valere per il bilancio dell'accelerazione centrifuga $M_A \omega^2 r_A = M_B \omega^2 r_B$:

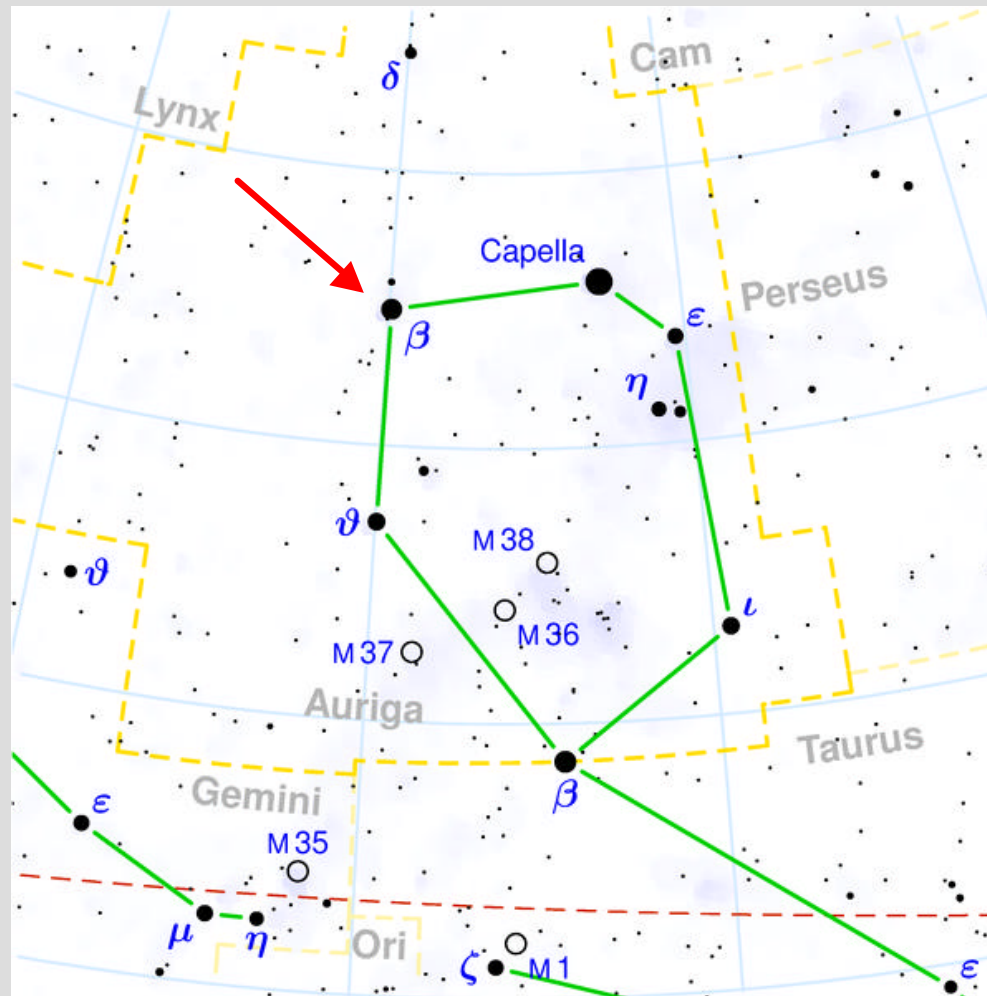
$$A/B = M_B/M_A$$

Gli effetti prospettici

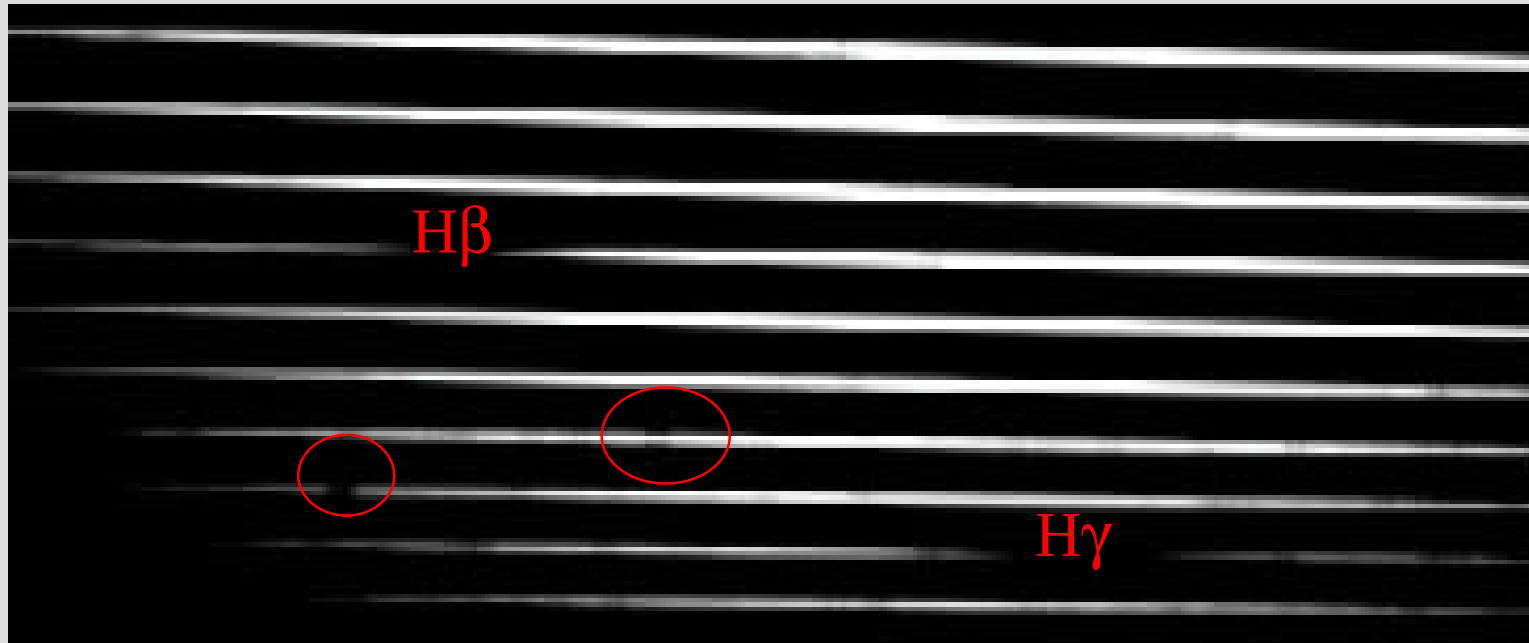


Cio' che si misura con l'effetto Doppler è dunque $V \cdot \sin(i) < V_{\text{reale}}$

Calcolo dell'orbita della stella Beta della costellazione dell'Auriga

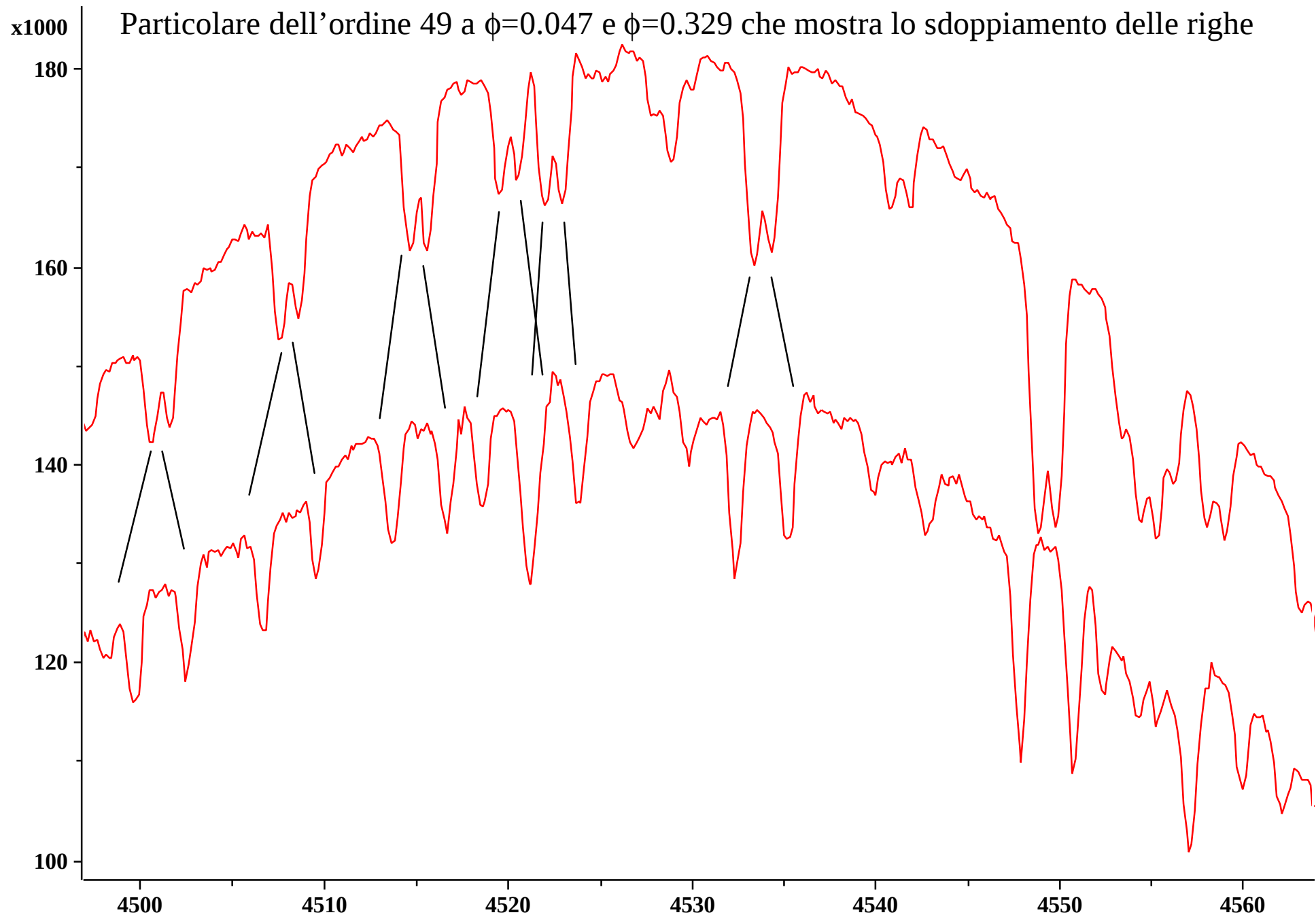


E' composta da due stelle di classe spettrale A2 IV di magnitudine 1,90 che costituiscono una binaria ad eclisse, distante 82 anni luce. Le eclissi si ripetono ogni 3.96 giorni. Dalla durata delle eclissi si ricava un raggio circa 3 volte maggiore del nostro sole.

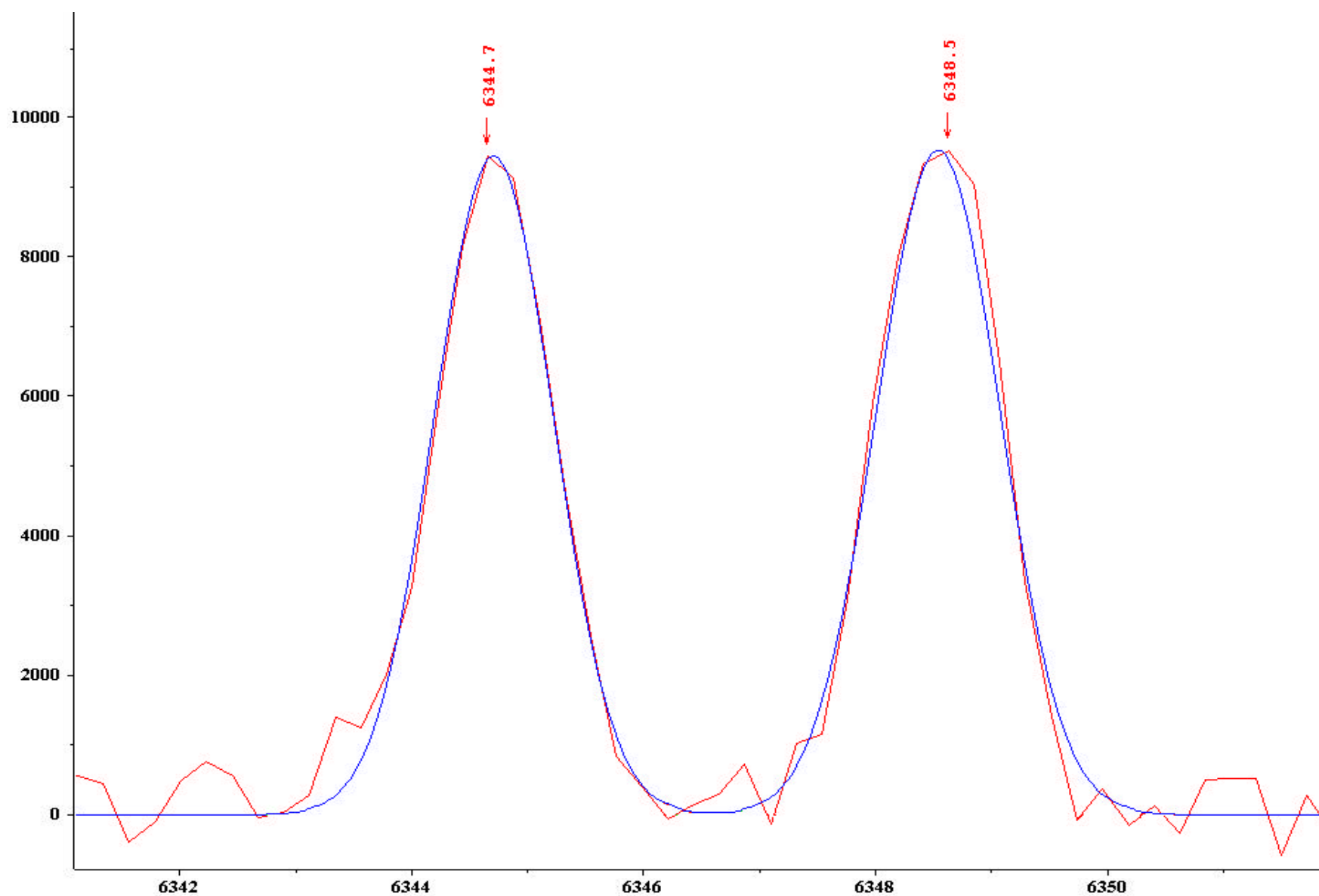


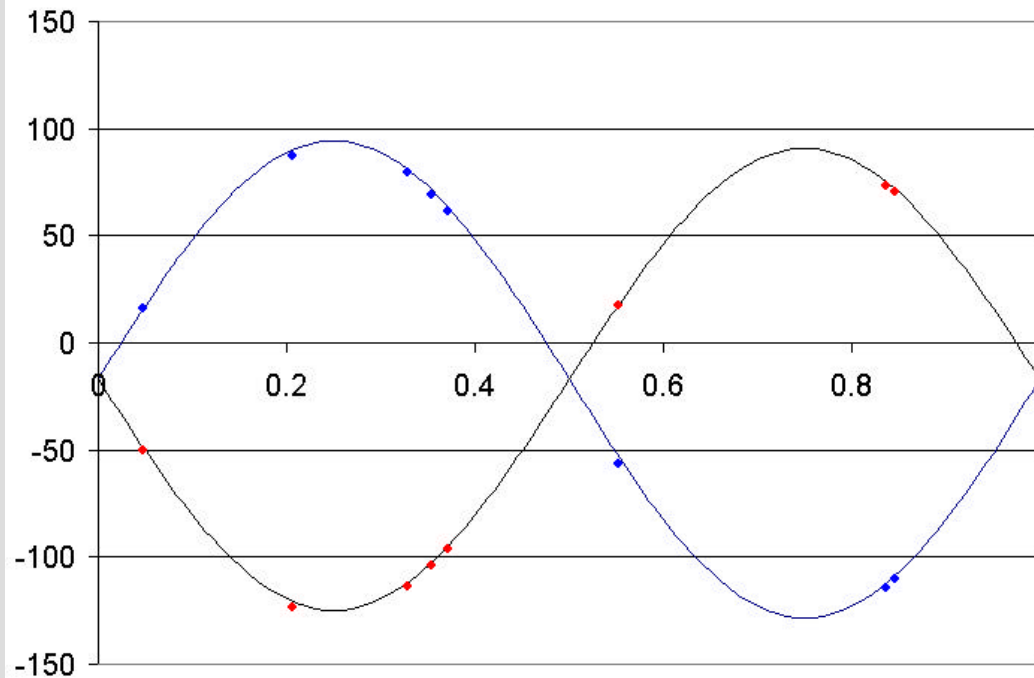
Spettro echelle
di Beta Aur





Esempio di fitting con gaussiane delle righe a 6347.1 (Si II) per calcolo di shift Doppler



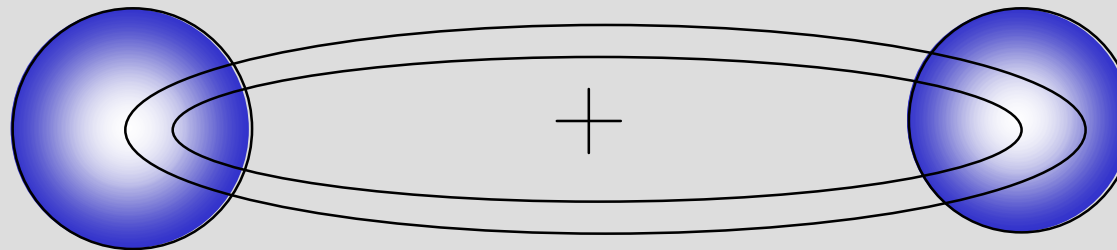


I risultati della nostra esperienza:

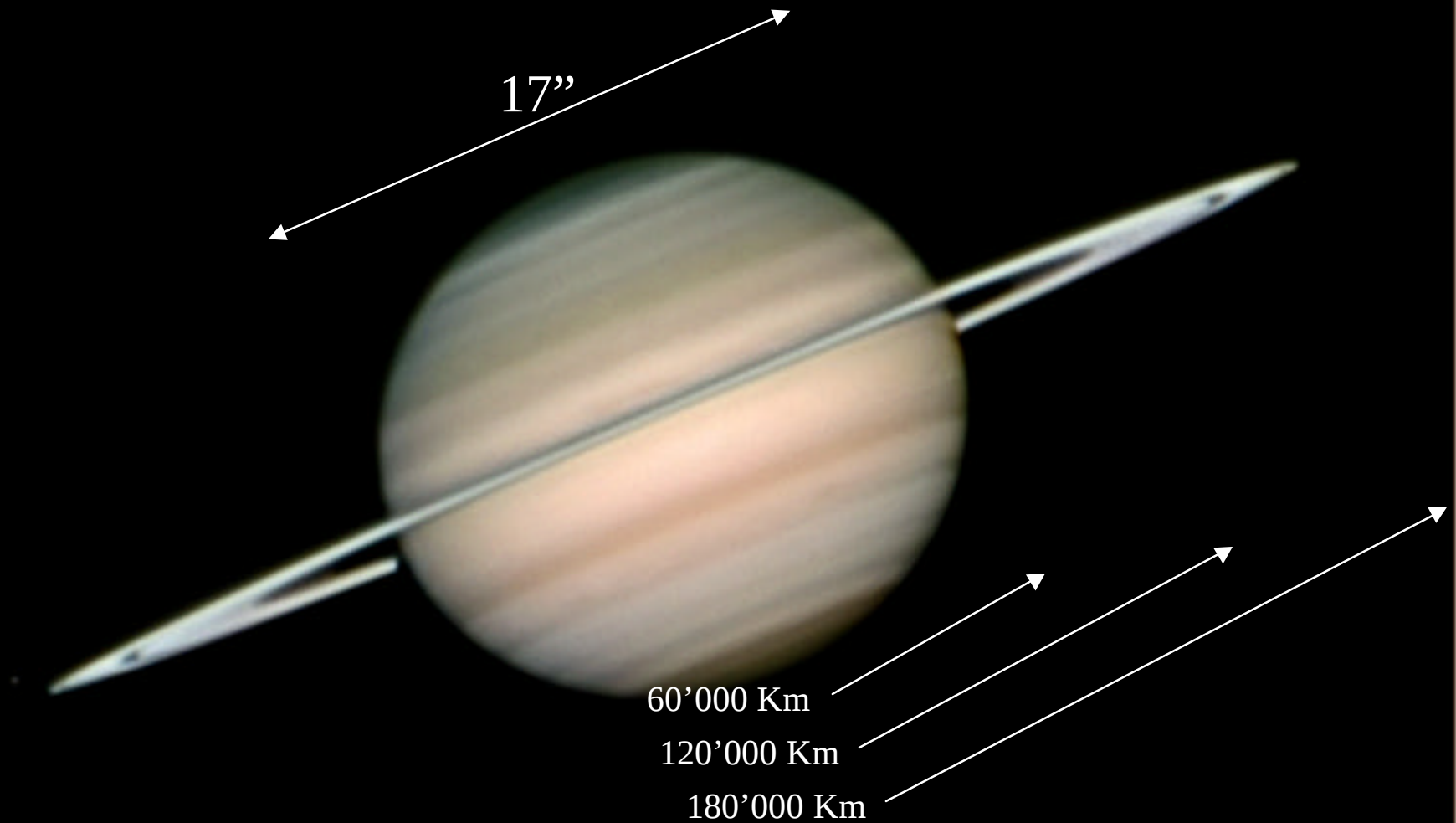
Verificheremo che l'orbita è circolare e la velocità orbitale per le due componenti è 107 e 111 Km/sec.

Con un periodo di 3.96 giorni il raggio delle orbite che se ne deduce è di 5.8 e 6.1 milioni di Km (circa 0.03 UA).

Il diametro delle stelle dedotto dalle eclissi è di 3 milioni di Km, dunque possiamo disegnare il sistema:

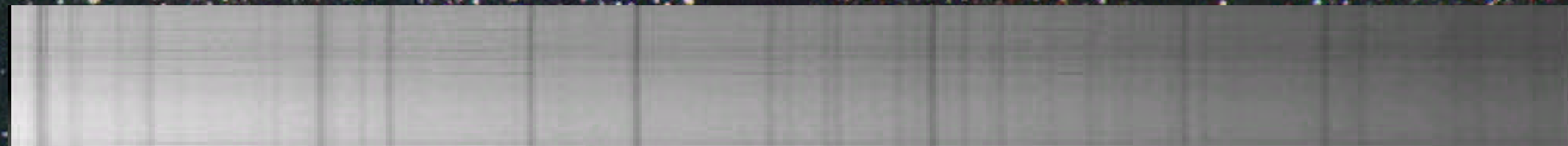


Velocità di rotazione di Saturno



Ruota in 10h32m con velocità equatoriale di 9.9 Km/sec

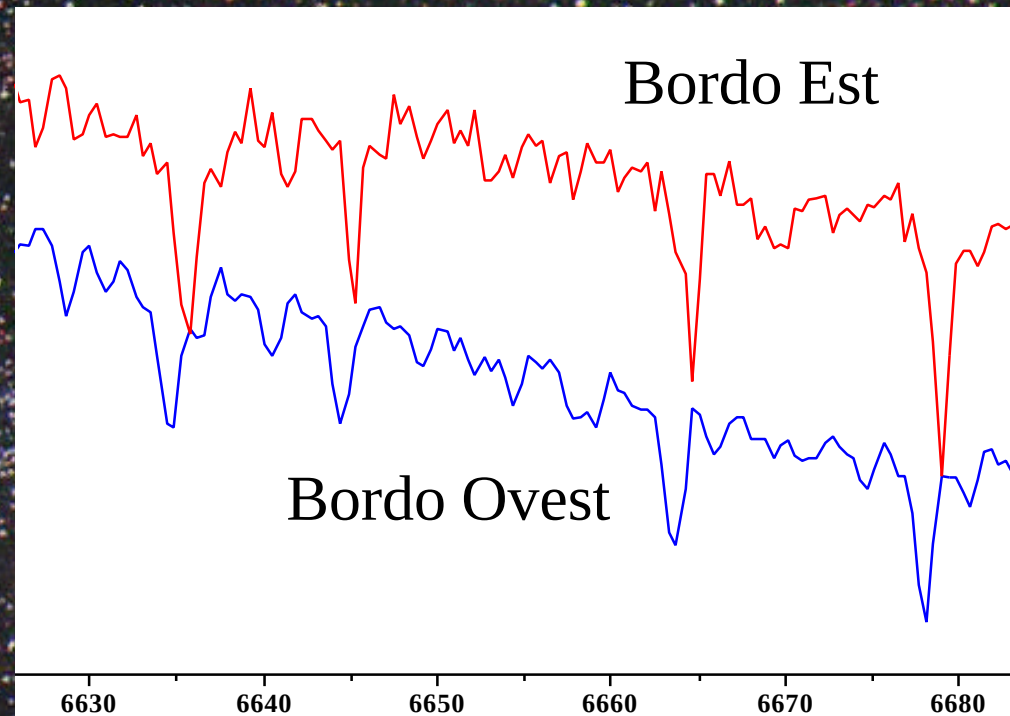
Esempio: Rotazione di Giove



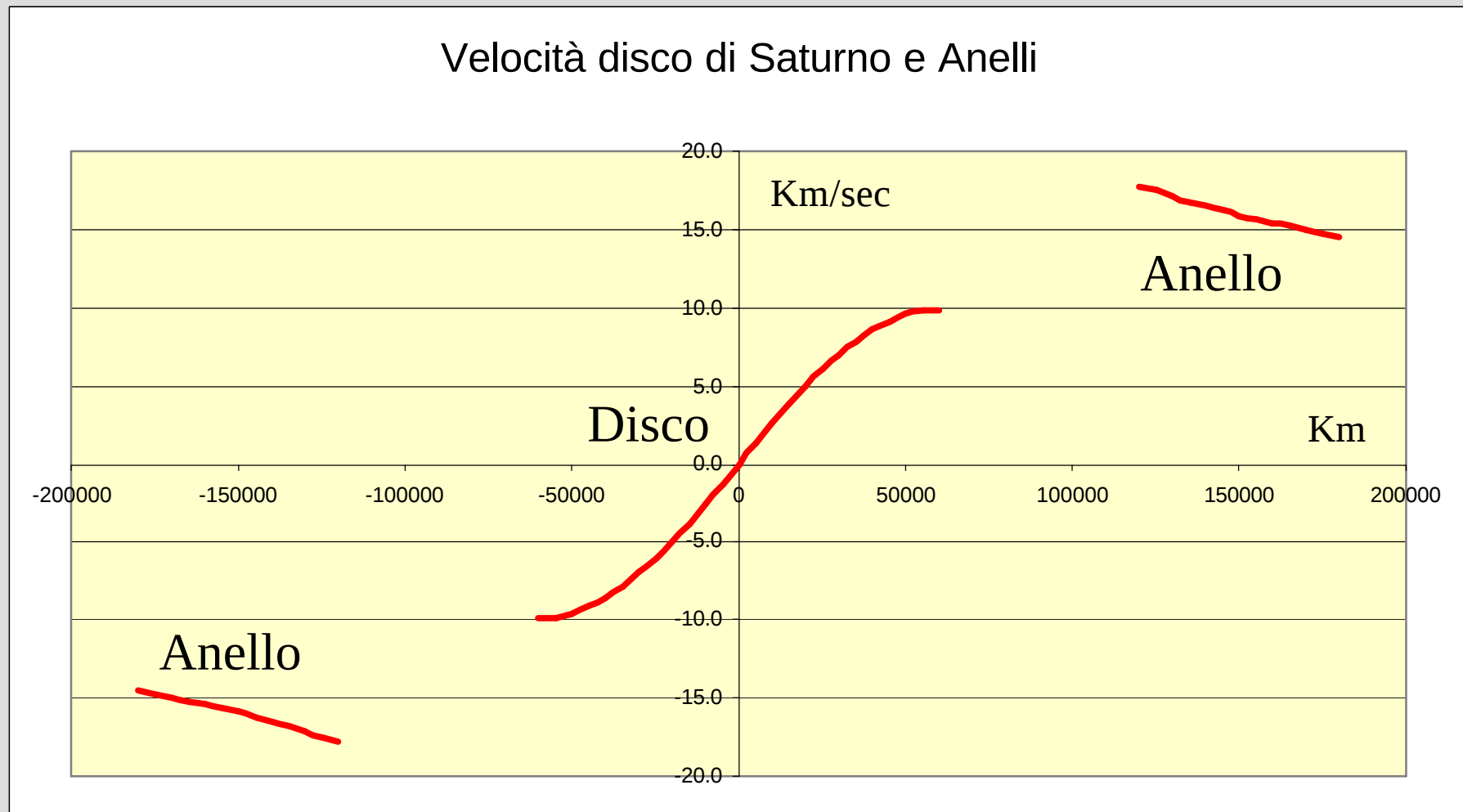
$$\Delta\lambda = 1,1 \text{ Å @ } 6678 \text{ Å}$$

che corrisponde a una velocità tangenziale dei bordi pari a $\frac{1}{4}(1,1/6678)c = 12,35 \text{ Km/s}$.

Dividendo per questa velocità il valore della circonferenza equatoriale 448392 Km si ottiene un periodo di rivoluzione di 10h13m, di poco superiore a quello conosciuto di 9h50 m.



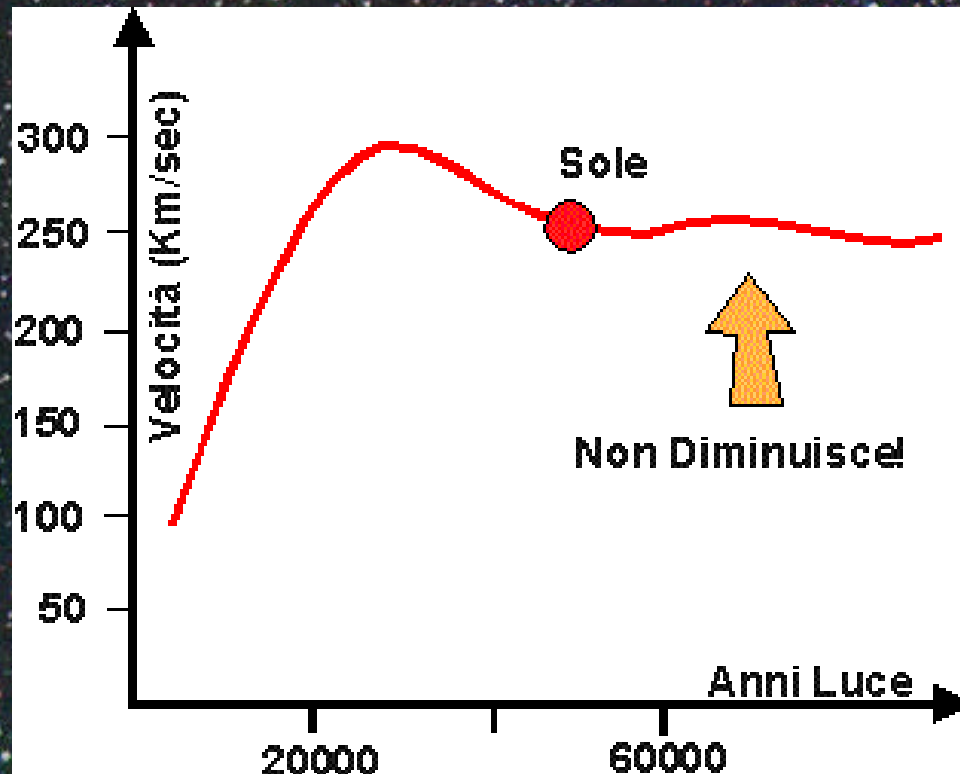
Il risultato atteso:



Nota: la rotazione degli anelli offre la possibilità di calcolare la massa del pianeta

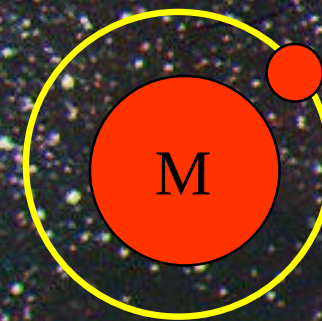
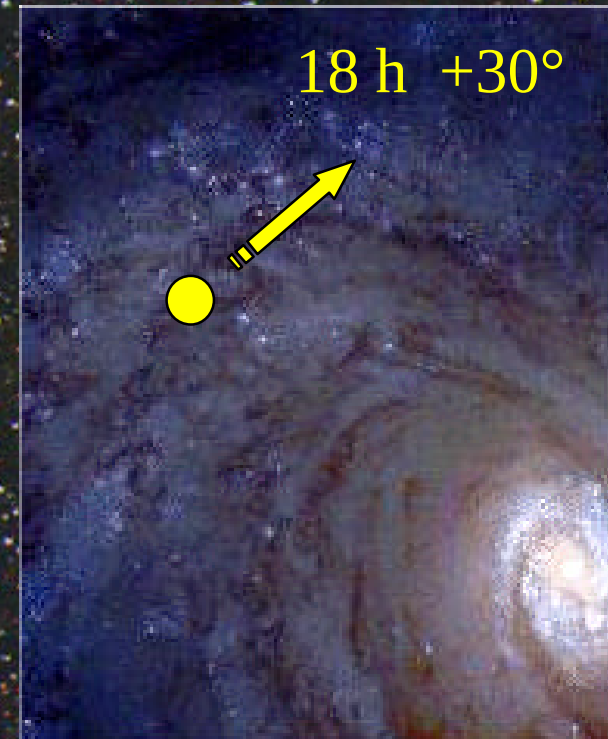
Da $GMm/r^2 = \omega^2 r$ ricaviamo $V = \sqrt{GM/r}$

Dagli anelli di Saturno alle Galassie... e materia oscura!!!



La velocità di rotazione permette di calcolare la massa della galassia, per la Via Lattea pari a 200 milioni di masse solari. Ma solo un quarto di questa massa è dovuta alle stelle.

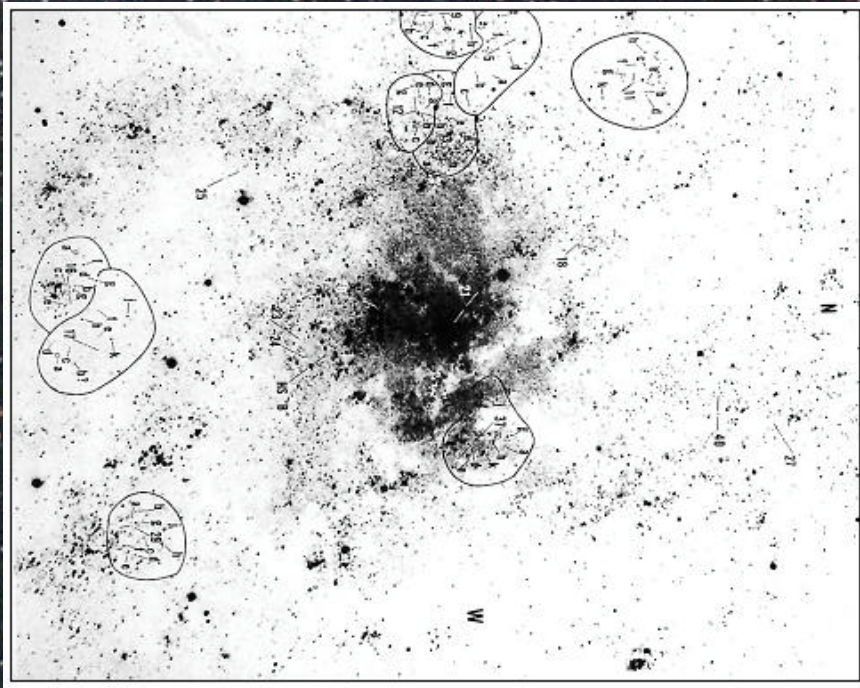
La materia oscura sono gas, polveri, buchi neri o particelle di alta energia?



III Legge di Keplero

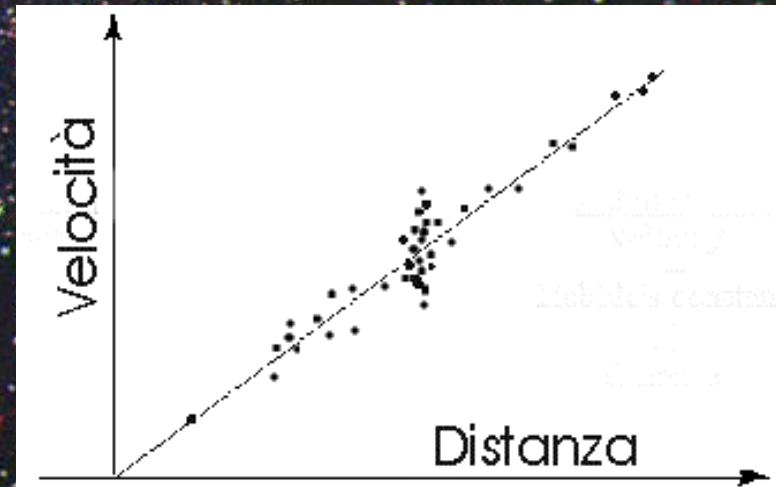
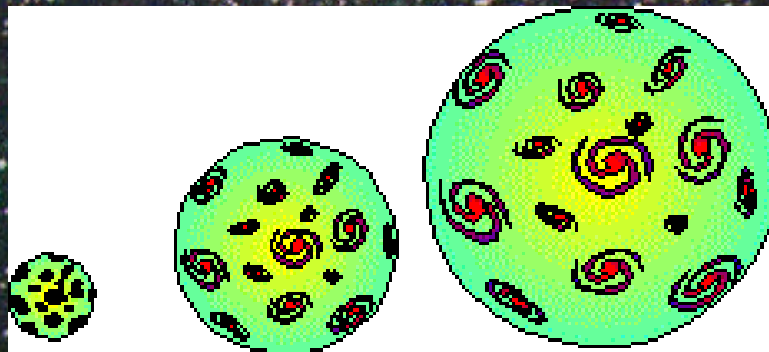
$$GMm/R^2 = mV^2/R$$

Edwin Hubble . Distanza e RedShift



L'interpretazione del Red - Shift

Fu Hubble nel 1929 a dare un significato cosmologico al red-shift. Utilizzando diverse “candele standard” (Cefeidi, giganti OB, ammassi globulari), verifico' che esiste una relazione in prima approssimazione lineare tra lo spostamento Doppler (e quindi la velocità di allontanamento) e la distanza della Galassia.



L'interpretazione più naturale del red-shift è l'universo in espansione. Nasceva la teoria del Big-Bang.

$$V = H \times D \text{ dove } H = 71 \text{ Km/sec/Mpc}$$

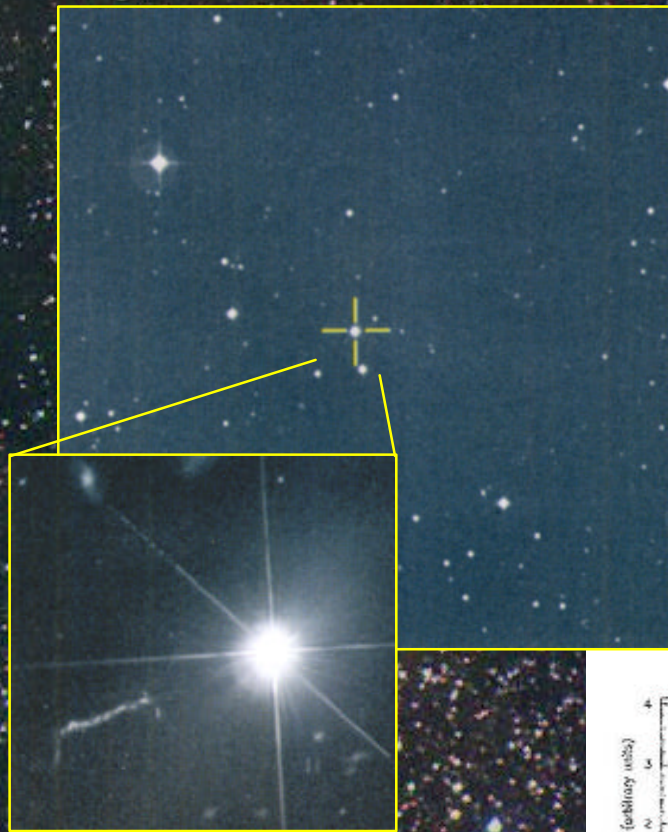
Esempio: M87 dista 20 Mpc, allora $V = 1500 \text{ Km/sec}$

M87



I Quasars

Nel 1963, Marteen Schmidt, astronomo del Palomar, si accorge che la controparte ottica della radiosorgente 3C273 possiede le righe spostate verso il rosso del 16%. Da allora lo spostamento verso il rosso viene indicato con la lettera Z. A 3C273 compete uno spostamento di $Z=0.16$

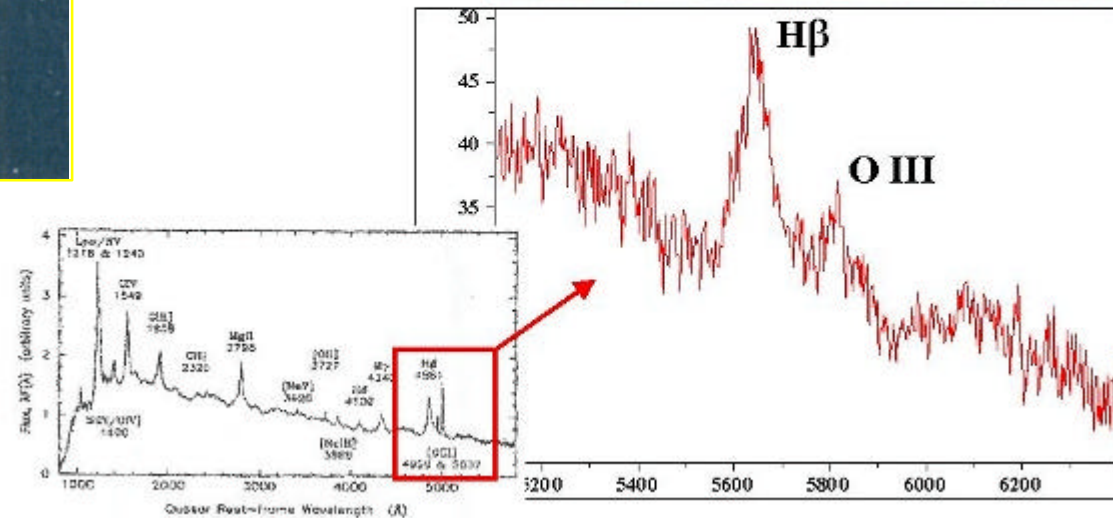
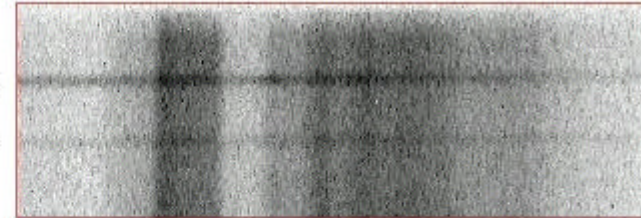


3C 273

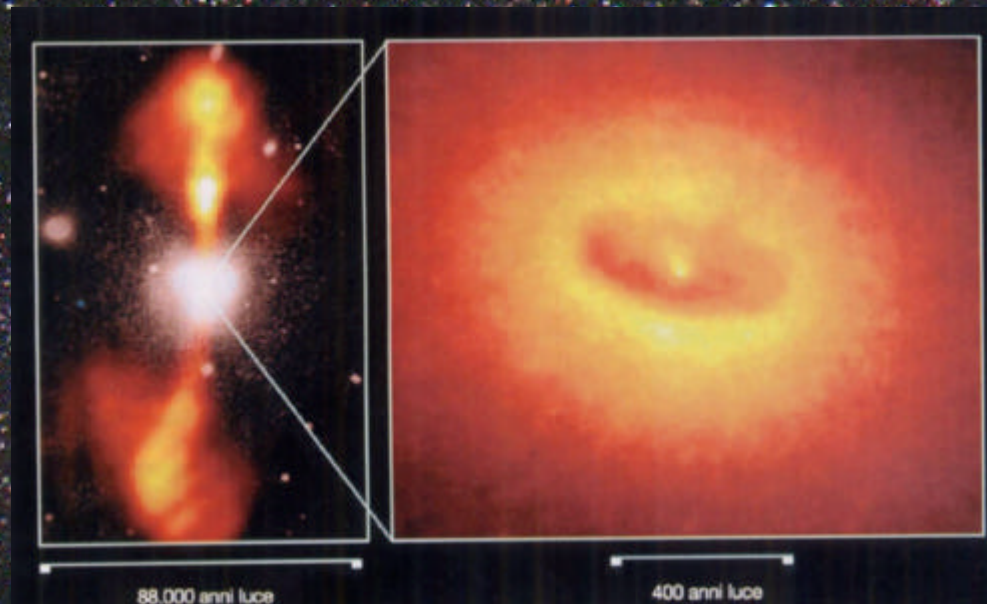
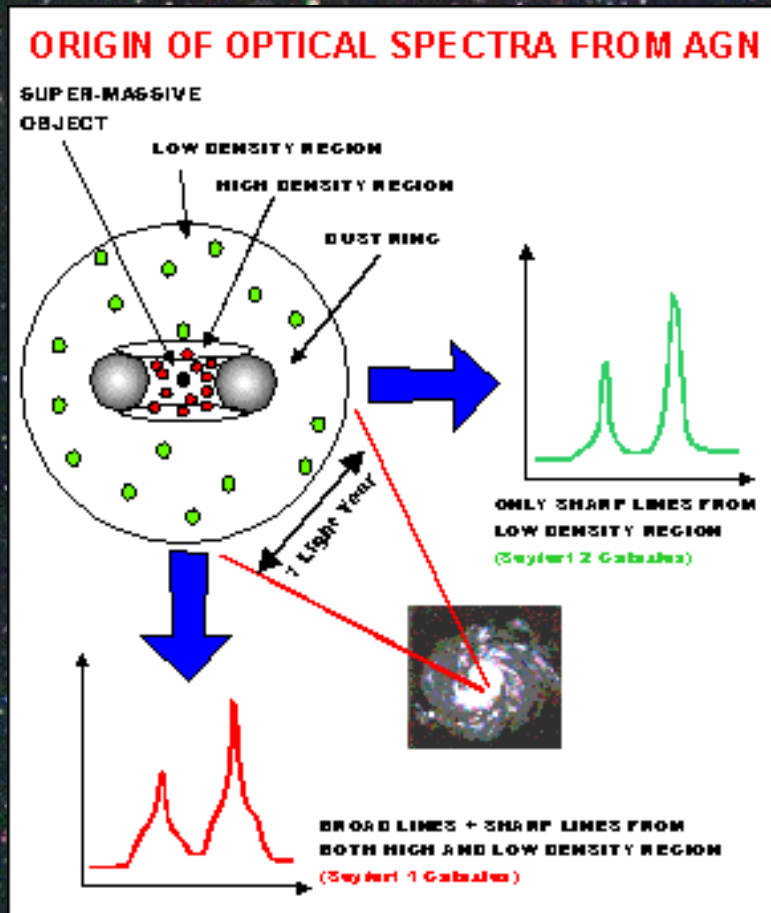
Quasar spectrum →

Star $m_v=13.5$ →

Light pollution from sky (slit wide open)



I quasar come galassie



Universo aperto o chiuso? I più lontani indicatori di distanza

