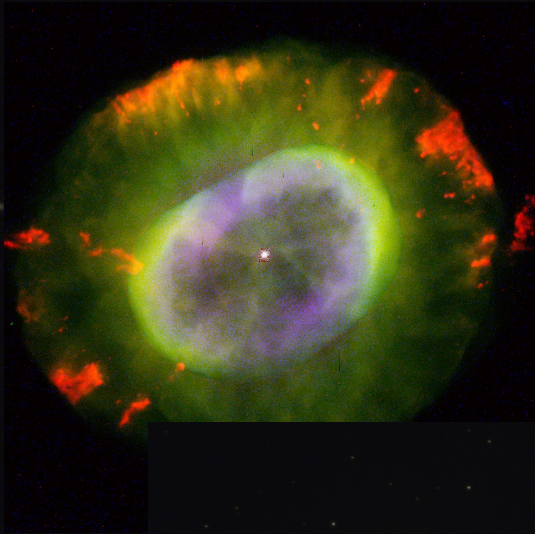


# ANALISI SPETTROSCOPICA DI NGC7662



(“NEBULOSA PALLA DI NEVE”)

# Nebulose Planetarie ...



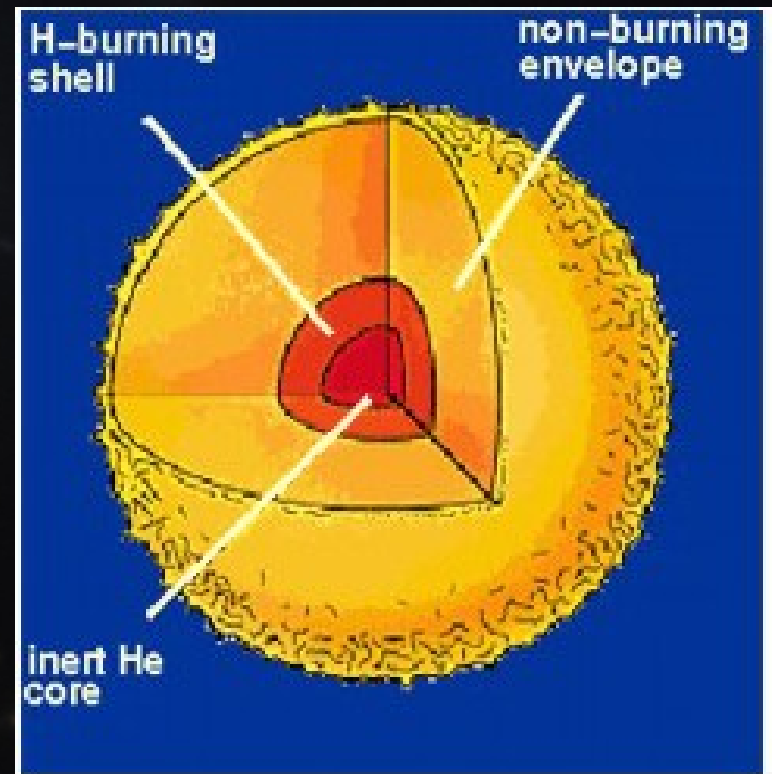
Una nebulosa planetaria è una stella nella fase finale della sua vita

Perché il prodotto della morte della stella sia una nebulosa questa deve avere massa relativamente piccola, tra 0,8 e 3 volte quella del Sole



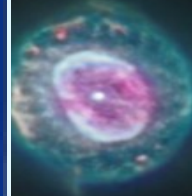
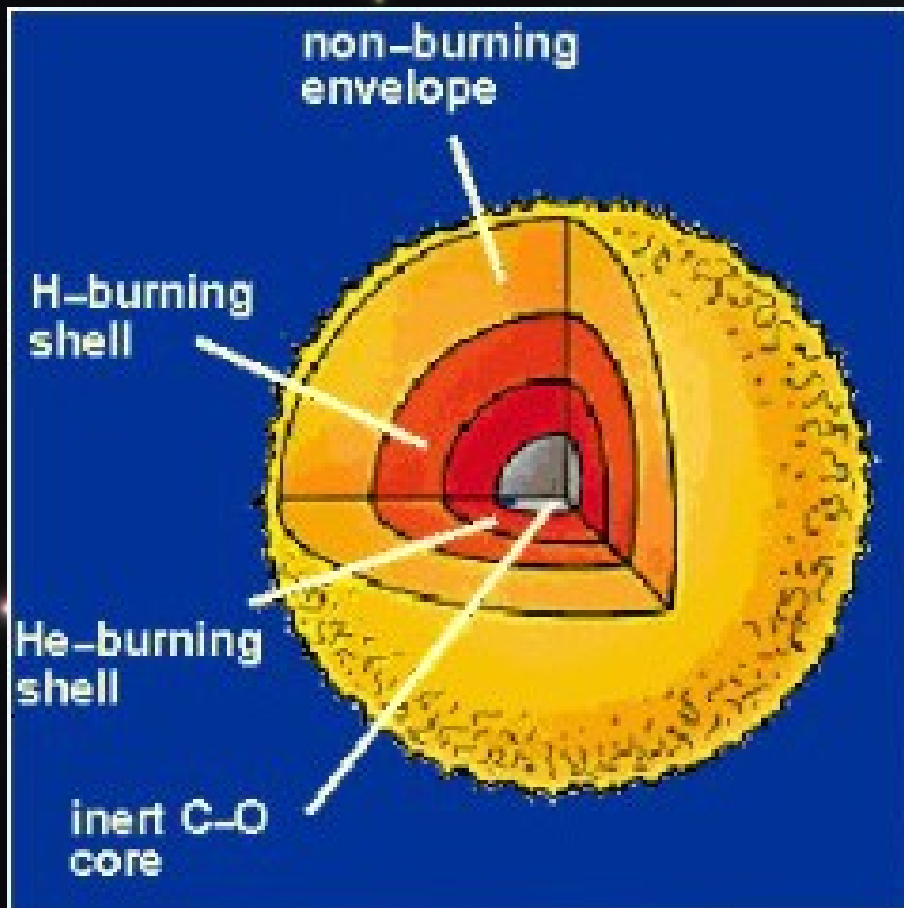
Nel pieno della sua attività una stella di questo tipo fonde H in He

Nel diagramma H-R essa figura nella sequenza principale



Quando l'idrogeno inizia a scarseggiare, avviene una espansione degli strati esterni e la stella Diventa una gigante rossa.

Stabilizzatasi la situazione iniziano ad innescarsi anche reazioni che vedono la fusione dell' He in C nel core.



La stella si sposta dalla ZAMS per porsi Nel ramo asintotico del diagramma H-R



Quando si innescano le reazioni di fusione del C, non riuscendo a raggiungere la temperatura richiesta, il sistema della stella collassa, e gli strati più esterni vengono eiettati nello spazio. Questi gas vengono rallentati dal pulviscolo presente nello spazio (sebbene scarso,  $\rho \approx 0,1 \text{ atomi cm}^{-3}$ ) e formano la nebulosa Planetaria.

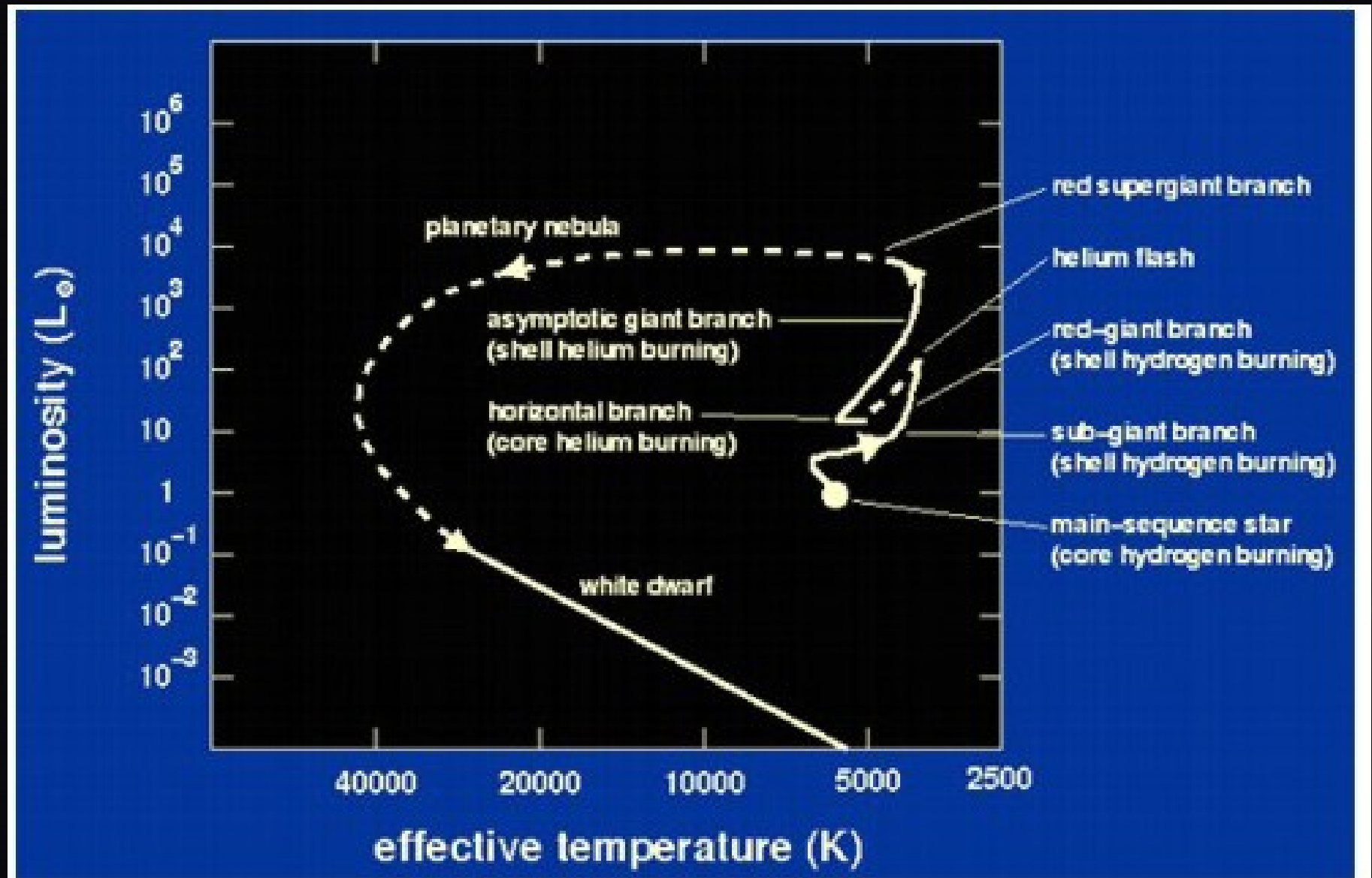
Essa è osservabile nelle frequenze del visibile in quanto il gas viene ionizzato (e reso emissivo) dall'energia emessa della stella che rimane al centro.



La stella che rimane al centro diventerà in breve tempo una nana bianca.



# Diagramma H-R con evidenziata la vita di una stella che forma una nebulosa planetaria.



# DATI NGC 7662

È stata scoperta nel 1784 da William Herschel

si può individuare circa 2,5 gradi a WSW della stella  $\epsilon$  Andromedae

Galassia di appartenenza : Via Lattea



Distanza dalla terra : tra i 2000 e i 6000 anni luce

MAGNITUDINE APPARENTE : 8.3

Coordinate celesti :

$\alpha$ : 23h 25m 54s

$\delta$ : +42° 32' 6"



# DATI SPETTRO SU CUI SI È LAVORATO

Telescopio Cassegrain 1.22 metri dell'osservatorio di Asiago



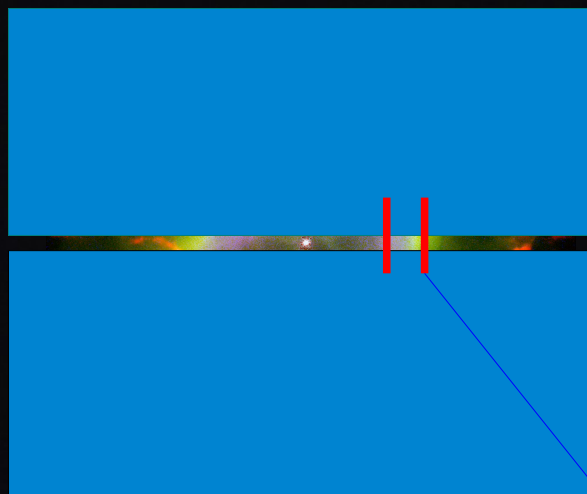
Reticolo spettroscopico 300 tratti/mm

Tempo di posa : 30 s



# Elaborazione





Il dato da cui siamo partiti era uno spettro bidimensionale: esso corrisponde alla zona della nebulosa che era stata inquadrata nella fenditura dello spettrografo

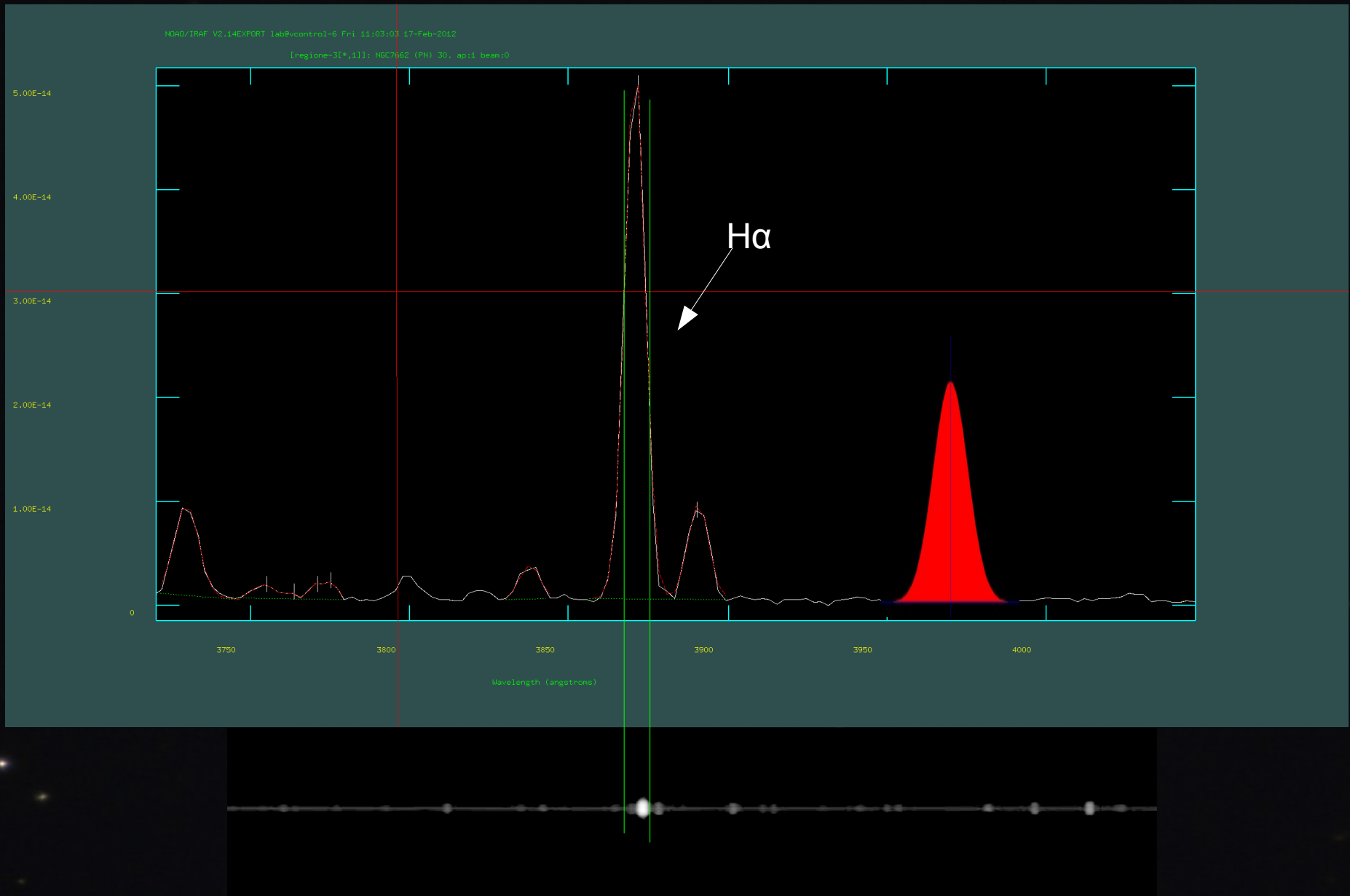
Spettro monodimensionale

Per procedere all'analisi è stato necessario isolare degli spettri monodimensionali, corrispondenti a zone quasi puntiformi della nebulosa

Questo è stato fatto tagliando delle zone dello spettro tramite un apposito task di IRAF

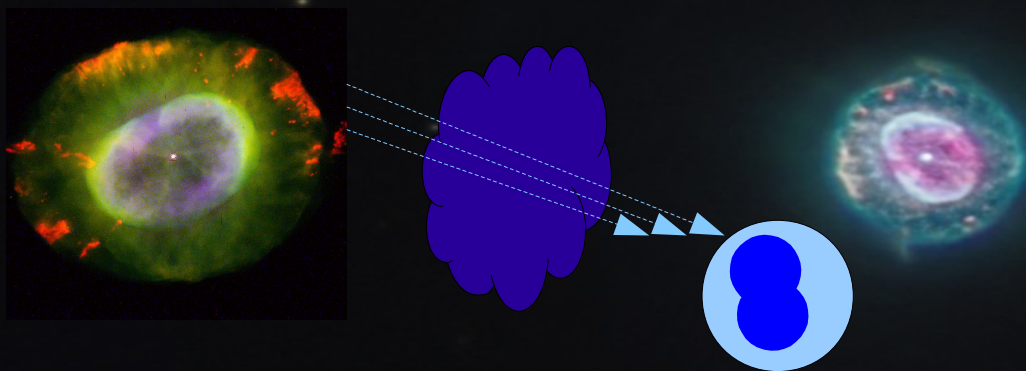
A questo punto lo spettro in scale di grigi è stato convertito in un grafico  $\lambda$ /intensità

Le righe sono in esso rappresentate da un profilo che abbiamo analizzato  
Come una gaussiana, sempre tramite IRAF



Avendo interpolato le righe con delle curve gaussiane, IRAF ha calcolato  
Una serie di valori utili all'esame spettrografico:

Essi sono la lunghezza d'onda del punto di massima, il flusso della riga,  
la FWHM (larghezza della curva a metà altezza), la larghezza  
equivalente, l'ampiezza della gaussiana, l'intensità media del  
continuo, lo scarto quadratico medio ed il rapporto segnale/rumore



A questo punto abbiamo calcolato il coefficiente di arrossamento:

La luce che ci arriva dalla nebulosa deve infatti  
Attraversare il pulviscolo interstellare, venendo  
Quindi attenuata

Questa attenuazione, tuttavia, è diversa alle  
Varie  $\lambda$ , ed è quindi necessario operare una  
Diversa correzione per ogni riga spettrale



Una volta corretto il coefficiente d'arrossamento,  
abbiamo determinato due parametri fisici della nebulosa,  
ovvero temperatura e densità.

È stato quindi necessario calcolare per prima cosa i rapporti  
Tra [S II] e [O III].



Per la densità :

$$[\text{S II}] = \frac{I(6717)}{I(6731)}$$

Per la temperatura:

$$[\text{O III}] = \frac{I(5007) + I(4959)}{I(4363)}$$

Grazie al task di IRAF temden abbiamo potuto trovare la temperatura e la densità di ogni regione

il processo era di tipo iterativo: assumendo per prima cosa un valore di temperatura ( $\sim 10000\text{K}$ ) si poteva ricavare la densità conoscendo il rapporto tra le righe di [S II];

poi con questo valore di densità si determinava la temperatura, noto il rapporto tra le righe di [O III];

si procedeva sostituendo i nuovi valori di temperatura e densità finché non si arrivava a convergere verso un valore di densità e temperatura.



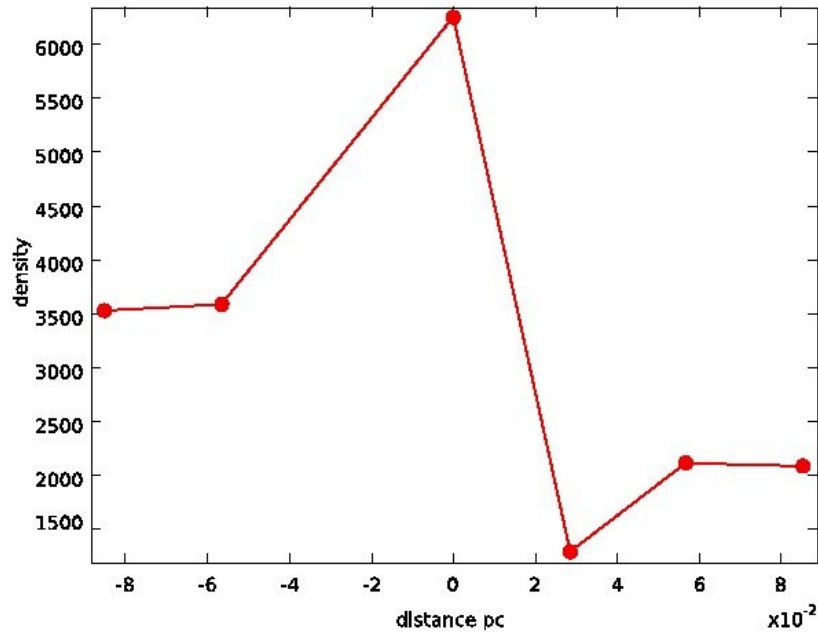
```
cl
IRAF
Image Reduction and Analysis Facility
PACKAGE = nebular
TASK = temden

option = [ ]      temperature  Quantity to calculate: density or temperature
flxratio=      10.  Expression for flux ratio
(atom =       oxygen) Atom name
(spectru=      3) Atomic spectrum number (e.g., [S ii] = 2)
(transit=      default) Transition description
(assume =     300.) Assumed electron temperature/density
(result =    31446.056640625) Result of calculation
(verbose=      no) Print info for each iteration?
(at_data=     at_data) Atomic reference data directory
(mode =       ql)
```

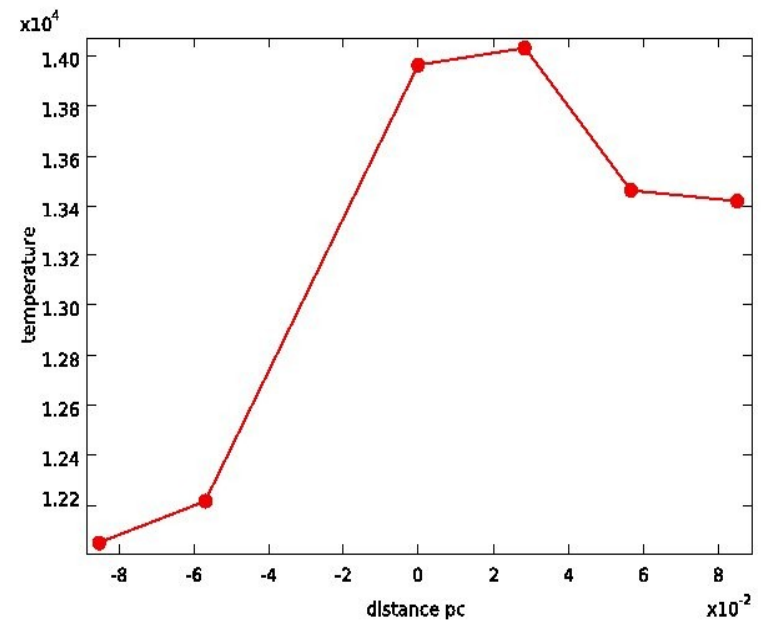
ESC-? for HELP

Calcolate per ogni regione in cui è stato diviso lo spettro, sono state messe in grafico con la distanza dal centro della nebulosa.

# Grafico densità-distanza



# Grafico temperatura-distanza



Con le seguenti formule è stato possibile calcolare le abbondanze chimiche dell'ossigeno e dell'azoto:

$$\frac{O}{H} = \frac{OI + OII + OIII}{HI}$$

$$\frac{N}{H} = \frac{O}{H} - \frac{N}{H}$$

Sapendo che:

$$12 + \log \frac{OI}{HI} = \log \frac{I(3727)}{I(H\beta)} + 5.89 + \frac{1.676}{t^2} - 0.40 \log(t^2) + \log(1 + 1.35x)$$

$$12 + \log \frac{OII}{HI} = \log \frac{I(4959) + I(5007)}{I(H\beta)} + 6.174 + \frac{1.251}{t} - 0.55 \log(t^2) + \log(t)$$

$$\log \frac{O}{N} = \log \frac{I(3727)}{I(6548) + I(6583)} - 0.307 + \frac{0.726}{t^2} + 0.02 \log(t^2) + \log \frac{1 + 1.35x}{1 + 0.116x}$$

$$\frac{OIII}{OII + OI} = 0.111 t^{(-0.13)*} \frac{I(4686)}{I(5876)}$$

Dove:

$$t = \frac{T(e)[OIII]}{10^4 \text{ K}}$$

$$t_2 = t(e)[OII] = 0.243 + t(1.031 - 0.184 * t)$$

$$x = \frac{N(e)}{\sqrt{t_2} * 10^4}$$





[illegible]

Analizzato quindi opportunamente lo spettro di NGC 7662 tramite i programmi IRAF e TOPCAT, sono state ricavate abbondanze chimiche, densità, temperatura di Nebulosa Palla di neve

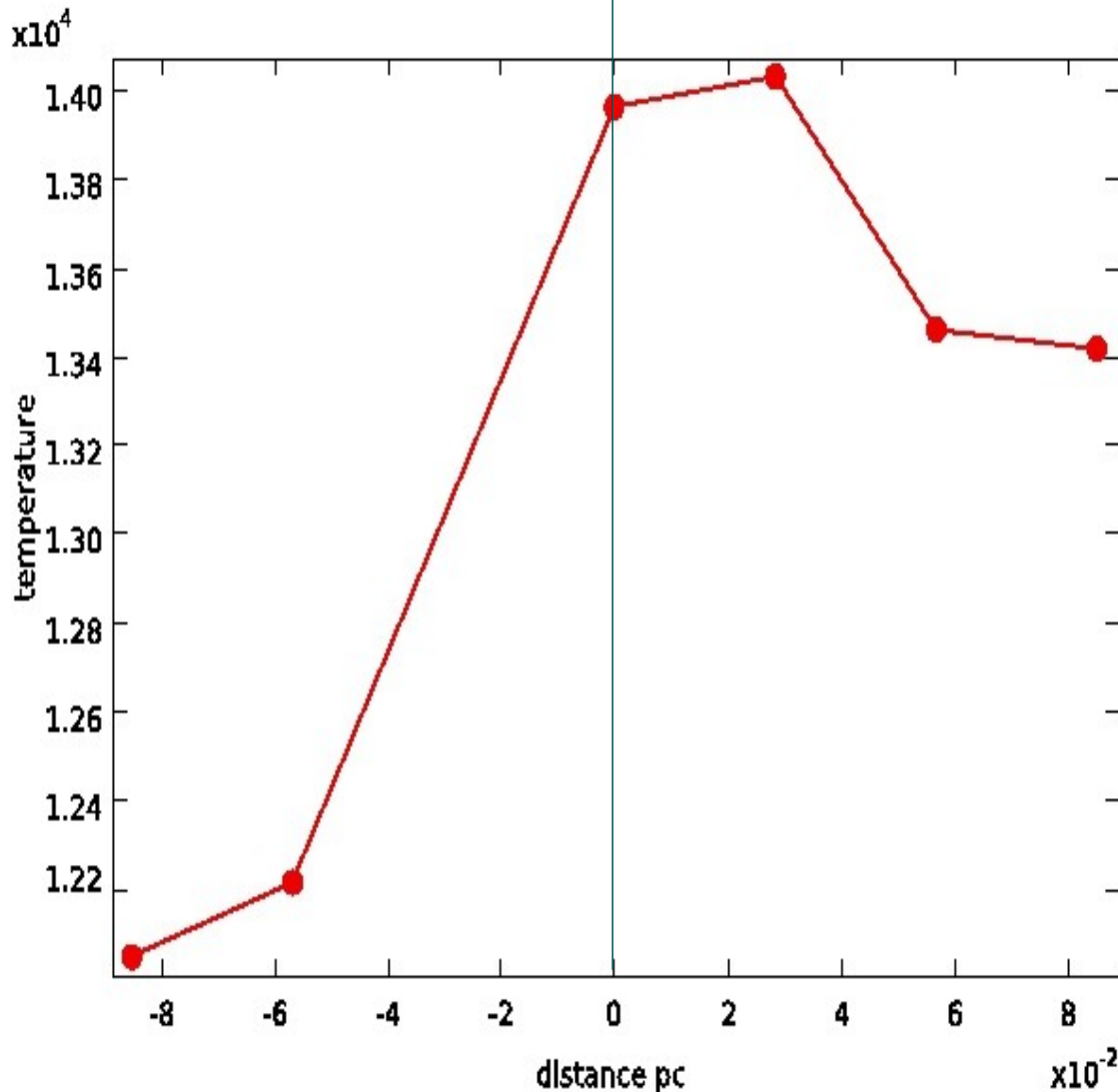


Dall'analisi delle righe ad emissione dello spettro di ciascuna regione è risultato che vi era una presenza rilevante di Fe ionizzato negli stadi esterni della nebulosa, mentre in quelli più interni prevalgono H, He, Ne, Ar, S.

| Elementi | Energia di ionizzazione |
|----------|-------------------------|
| Fe       | 7.90                    |
| S        | 10.36                   |
| H        | 13.60                   |
| Ar       | 15.76                   |
| Ne       | 21.56                   |
| He       | 24.59                   |

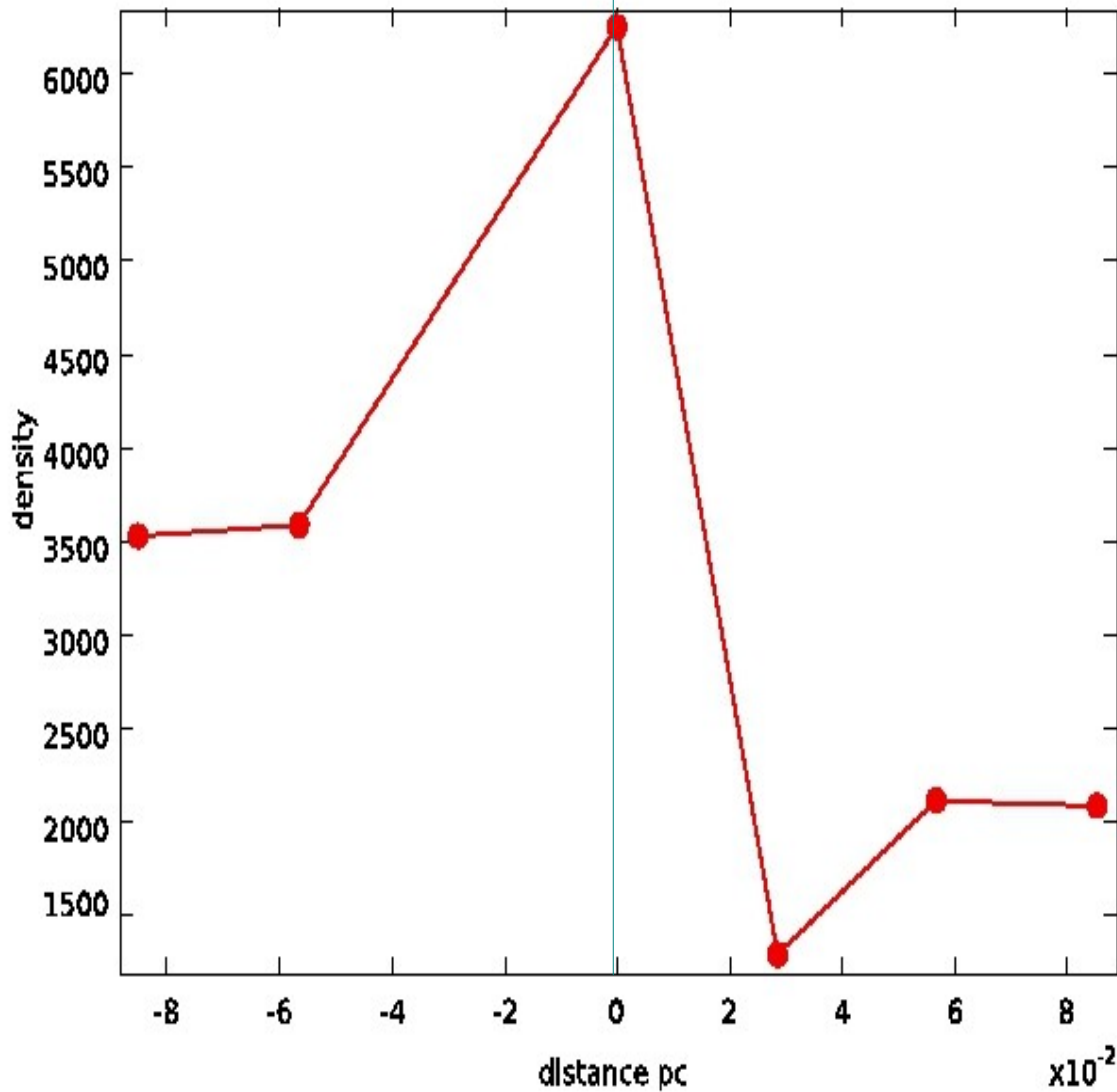
Si può notare infatti che l'energia di ionizzazione del ferro è decisamente minore rispetto a quella degli altri elementi citati, d'altro canto coerentemente la densità d'energia emessa dalla stella diminuisce all'aumentare della distanza da questa.

Stella centrale



Dal grafico distanza (pc) – temperatura (K) si nota come la temperatura della stella centrale sia di circa 1400 K, si tratta quindi di una nana dalla colorazione bianco-azzurra. Ma nello strato immediatamente circostante si presenta un aumento: gli strati espulsi dalla gigante rossa erano evidentemente più caldi.

Stella centrale



Dal grafico densità-temperatura è possibile individuare l'inizio della prima shell della nebulosa. Si nota infatti un picco di densità corrispondente alla stella, poi un brusco calo ed un successivo rialzo, segno dell'inizio di uno strato rilevante di gas, appunto la prima shell.



