

Misure di temperatura e densità elettroniche nella nebulosa Eskimo

Beatrice Lovat⁽¹⁾, Sara Viel⁽¹⁾, Hillary Mocellin⁽²⁾

⁽¹⁾Liceo Scientifico “G.Galilei”, Belluno

⁽²⁾Liceo Scientifico “U. Follador”, Agordo

SOMMARIO

Rilevazione e confronto della densità e temperatura elettroniche all'interno della nebulosa planetaria Eskimo (NGC 2392) in due punti differenti di quest'ultima. I dati sono stati ricavati dallo studio delle righe dello spettro di emissione della nebulosa presa in esame.

I. INTRODUZIONE

Nelle ultime fasi dell'evoluzione le stelle possono diventare delle nebulose planetarie. Quando esse stanno per esaurire il combustibile interno responsabile delle reazioni nucleari che sono la fonte della loro energia, principalmente idrogeno (H) ed elio (He), queste cominciano ad attraversare prima una fase instabile di oscillazione della loro atmosfera più esterna, e poi a perdere parte della loro superficie gassosa, ricca di metalli pesanti e polvere (Fig. 1).

E' questa la cosiddetta fase di Nebulosa Planetaria (PN), che può manifestarsi in una grande varietà di forme. L'involucro gassoso in espansione con il nucleo brillante della stella centrale, in alcuni casi appare simile alle immagini di pianeti con anelli, come sono osservati nel nostro sistema solare. E' questo il motivo per cui l'astronomo William Herschel, nel 1784, denominò questi oggetti Nebulose Planetarie.

L'origine dello spettro delle nebulose planetarie è simile a quello delle nebulose diffuse a emissione. L'intensa radiazione ultravioletta della nana bianca centrale ionizza l'idrogeno e gli altri gas della nebulosa che emettono le loro radiazioni caratteristiche ricombinandosi con gli elettroni liberi. In modo diverso, cioè attraverso l'urto fra elettroni liberi e atomi ionizzati, si generano le righe proibite

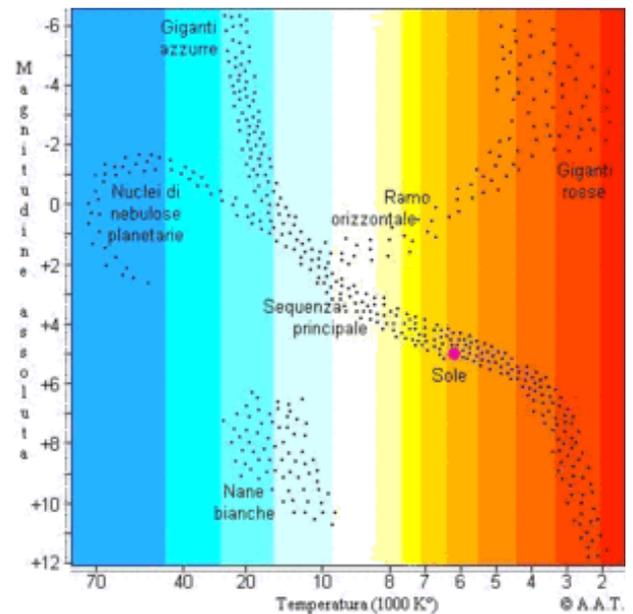


Figura 1 : Diagramma H-R dell'evoluzione stellare

di ossigeno, azoto, zolfo, etc. , che si possono osservare nelle nebulose diffuse, le quali hanno una forte intensità a causa dell'arricchimento di elementi pesanti nei gas delle nebulose planetarie dovuto all'evoluzione stellare.

La nebulosa Eskimo (NGC 2392) è stata scoperta dall'astronomo William Herschel nel 1787 ed è rintracciabile nella costellazione dei Gemelli (Fig. 2). Essa è chiaramente una nebulosa planetaria. È circondata dai gas che componevano gli strati esterni di una stella di tipo solare 10 000 anni fa. I filamenti interni visibili sono espulsi da un forte vento di particelle proveniente dalla stella centrale. Il disco esterno contiene insoliti filamenti arancioni di lunghezza dell'ordine di un anno-luce.

II. DATI OSSERVATIVI



Figura 2 : Immagine della Eskimo ottenuta con il telescopio spaziale HST

Nebulosa Planetaria NGC 2392 (ESKIMO NEBULA); catalogata anche come PN G197.8+17.3 / IRAS 07262+2100
 Ascensione Retta (2000.0): 07h 29m 10.7s ;
 Declinazione (2000.0): +20° 54' 43" ;
 dimensioni : 0.7' ;
 magnitudine : 10.0 ;
 Descrizione del Dreyer: B,S,R,*9M,*8NF100"

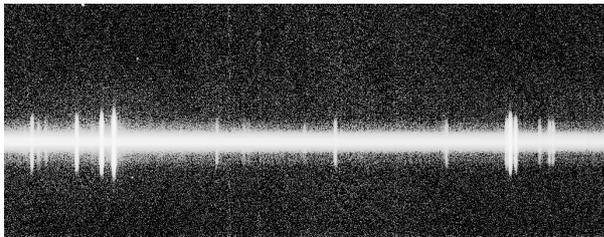


Figura 3 : Spettro elaborato della Eskimo.

In Fig. 3 è riportato lo spettro della nebulosa NGC 2392, da cui otteniamo i valori dei flussi delle righe di emissione a varie distanze dal centro. La striscia orizzontale è lo spettro della stella al centro della nebulosa, mentre le strisce verticali sono le righe spettrali degli elementi chimici che compongono il gas della nebulosa.

Questo spettro, ottenuto con lo spettrografo del telescopio di 122 cm di Asiago, è stato corretto per bias, flat-field e sottrazione dei raggi cosmici, è stato poi calibrato in lunghezza d'onda e in flusso ed è stata infine sottratta l'emissione da parte dell'atmosfera terrestre.

In Fig. 4 è riportato un grafico dello spettro delle righe di emissione con la lunghezza d'onda in ascissa

misurata in Angstroms e l'intensità del flusso della radiazione in ordinata misurata in $\text{erg}/\text{cm}^2/\text{s}/\text{\AA}$.

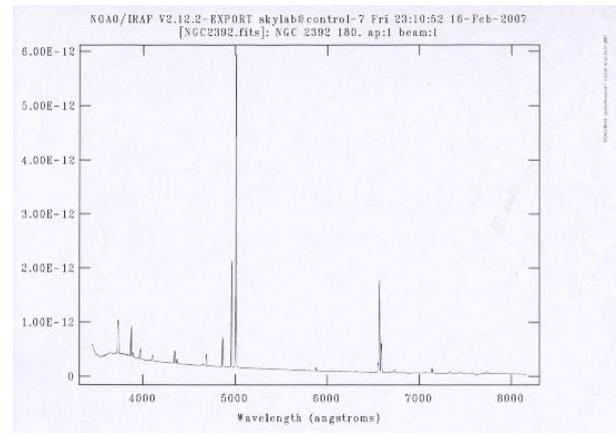


Figura 4 : Spettro al centro della Eskimo.

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

I flussi delle righe spettrali sono stati misurati con il programma IRAF. In particolare abbiamo misurato le righe della serie di Balmer dell'idrogeno e le righe proibite dell'[O III] e del [S II].

L'intensità dei flussi delle righe che noi riceviamo è leggermente modificata dal fenomeno dell'estinzione galattica. Ciò è causato dalla presenza di polveri e gas che si interpongono fra l'osservatore e l'oggetto astronomico osservato. Quindi bisogna calcolare l'assorbimento visuale $A(V)$ [è una funzione che cambia in base a λ] e correggere i flussi delle righe di [O III] e [S II] che servono per trovare la temperatura e la densità elettroniche.

Il decremento della serie delle righe di Balmer permette di calcolare $A(V)$ poiché i rapporti teorici fra le intensità dei flussi delle varie righe con $H\beta$ sono noti e il programma IRAF ci permette di stimare il valore di correzione "c" utilizzando la formula $c=0.4657 \cdot A(V)$, che proviene dalla legge empirica di Cardelli, Clayton & Mathis (1989).

$$I_{H\alpha}(\lambda=6563) = 1.87 \cdot 10^{-11} \text{ erg}/\text{cm}^2/\text{s}$$

$$I_{H\beta}(\lambda=4861) = 6.03 \cdot 10^{-12} \text{ erg}/\text{cm}^2/\text{s}$$

$$I_{H\gamma}(\lambda=4340) = 2.46 \cdot 10^{-12} \text{ erg}/\text{cm}^2/\text{s}$$

$$I_{H\alpha} / I_{H\beta} = 3.1 \quad c = 0.12$$

Riga	Flusso	F/F(Hβ)	F/F(Hβ) corretto
[O III] 4959	2.07×10^{-11}	3.43	3.40575
[O III] 5007	6.12×10^{-11}	10.14	10.03
[O III] 4363	7.24×10^{-13}	0.12	0.12506
[S II] 6716	2.34×10^{-13}	0.038	0.03481
[S II] 6731	3.29×10^{-13}	0.054	0.049

Le righe proibite dell'ossigeno [O III] sono utili per trovare la temperatura, mentre quelle proibite dello zolfo [S II] per la densità.

Formule applicate:

per la temperatura elettronica T_e

$$[I(4959) + I(5007)]/I(4363) = 107.43 =$$

$$= \frac{3.29 \cdot 10^4}{7.73 \cdot e^{-\frac{T_e}{4}}} \cdot \frac{N_e}{\sqrt{T_e}}$$

e

$$I(6716)/I(6731) = 0.7 \text{ per la densità elettronica } N_e.$$

La N_e trovata è 2230 elettroni/cm³ e T_e è 12474 °K. Questi dati sono relativi alla zona centrale dello spettro riportato in Fig. 3; T_e ed N_e sono stati poi calcolati per un'altra regione più esterna della nebulosa:

$$\begin{aligned} I_{H\alpha}(\lambda=6563) &= 5.55 \times 10^{-13} \\ I_{H\beta}(\lambda=4861) &= 1.91 \times 10^{-13} \\ I_{H\gamma}(\lambda=4340) &= 7.36 \times 10^{-14} \\ I_{H\alpha}/I_{H\beta} &= 2.9 \quad c=0.04 \end{aligned}$$

Riga	Flusso	F/F(Hβ)	F/F(Hβ) corretto
[O III] 4959	9.55×10^{-13}	5	4.997
[O III] 5007	2.87×10^{-12}	15.02	15.007
[O III] 4363	3.32×10^{-14}	0.17	0.1705
[S II] 6716	1.40×10^{-15}	0.0073	0.00725
[S II] 6731	2.99×10^{-15}	0.01	0.00993

$$[I(4959) + I(5007)]/I(4363) = 117.3$$

e

$$I(6716)/I(6731) = 0.73$$

quindi in questo caso T_e è 12075 °K e N_e è 2060 elettroni/cm³.

IV. RISULTATI

I risultati ottenuti mostrano che la temperatura nella parte più centrale della nebulosa è più alta rispetto alla parte esterna e ciò è una conferma della presenza di una stella all'interno della nebulosa.

Lo stesso vale per la densità poiché man mano che ci si allontana dal nucleo della nebulosa essa diminuisce, infatti la densità trovata nella zona più esterna è inferiore rispetto a quella trovata all'interno.