

La nebulosa planetaria NGC2371

Luca Beghetto, Francesco Gobbo, Pierpaolo Toniato

Liceo Scientifico “T. Lucrezio Caro”, Cittadella

ABSTRACT

We have analyzed the spectrum of the planetary nebula NGC2371 considering three different regions, one of them containing the central star. We have obtained its chemical composition through its emission lines, so that we could give an approximation of the density and the temperature of the nebula. We also tried to obtain the surface temperature of the central star by considering a black-body emission.

I. INTRODUZIONE

Una nebulosa planetaria è un oggetto astronomico che si origina dalla dispersione di gas da parte di una stella di piccola massa (generalmente inferiore a 5 masse solari) nell'ultima fase della sua vita. Mentre la stella genitrice si contrae in una nana bianca, il gas eiettato forma una nube di materiale attorno ad essa, chiamata nebulosa planetaria. 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. A seconda della composizione chimica e della potenza della radiazione originatesi dalla nana bianca, la nebulosa può assumere colori diversi come il rosso, il verde e addirittura il blu. In particolare il rosso è il colore che si riferisce all'idrogeno, l'elemento più comune nell'Universo, ionizzato da radiazione ultravioletta.

NGC2371 è una nebulosa planetaria a due lobi (Fig. 1) situata nella costellazione dei Gemelli (Fig. 2). Apparentemente sembra essere costituita da due oggetti separati; pertanto le vennero attribuiti due nominativi, quindi ci si può riferire ad essa indifferentemente come NGC2371 o NGC2372.



Fig. 1: La nebulosa planetaria NGC2371

II. DATI OSSERVATIVI

La nebulosa è stata da noi osservata il 13 Febbraio 2008, con il telescopio di 122cm di diametro dell'Osservatorio Astrofisico di Asiago. Sullo spettrografo è stato montato un reticolo da 300 tratti/mm che ha prodotto uno spettro della nebulosa esteso da 3500Å a 8000Å. La fenditura dello spettrografo era larga 300µ, corrispondenti a circa 3" in cielo. Sono state analizzate tre sezioni diverse della nebulosa con tre differenti pose, rispettivamente da 1200 s, 900 s e 900 s. Prima di analizzare nello specifico lo spettro emesso dalla nebulosa è meglio indicare le sue caratteristiche astronomiche.

Nome: NGC2371

Costellazione: Gemini

Ascensione Retta al 13.02.08: 07° 25'

Declinazione Celeste al 13.02.08: 29° 30'

Magnitudine della stella centrale: 13.0p

Osservazioni:

1. α : 07° 25' 23"; δ : 29° 29' 40"
2. α : 07° 25' 24"; δ : 29° 30' 00"
3. α : 07° 25' 25"; δ : 29° 30' 40"

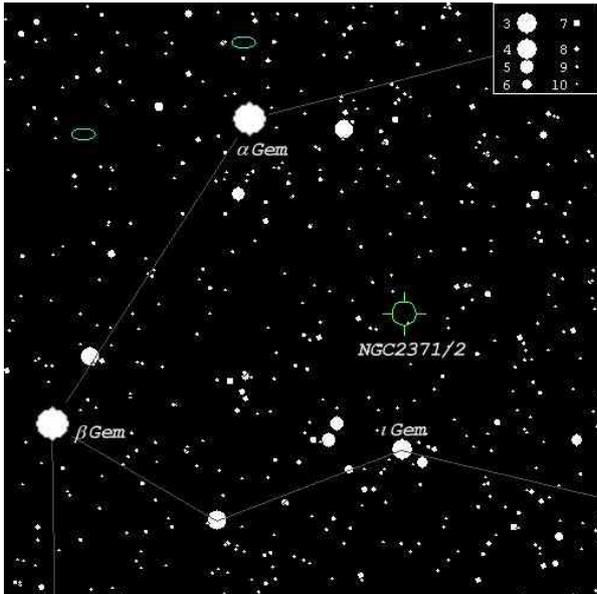


Fig. 2 : Posizione della nebulosa nella costellazione dei Gemelli

III. DESCRIZIONE DEL LAVORO

Partendo dalle immagini grezze acquisite la notte precedente ci siamo dedicati alla riduzione dei dati mediante l'utilizzo del programma IRAF (Image Reduction and Analysis Facility). Per prima cosa abbiamo rimosso l'immagine di Bias ovvero il rumore di fondo intrinseco del CCD. Successivamente abbiamo completato la correzione delle immagini normalizzando la sensibilità dello strumento. Infatti ogni pixel per struttura intrinseca può avere una risposta diversa ai fotoni che lo colpiscono. In Fig. 3 sono esemplificati i passaggi per una delle osservazioni.

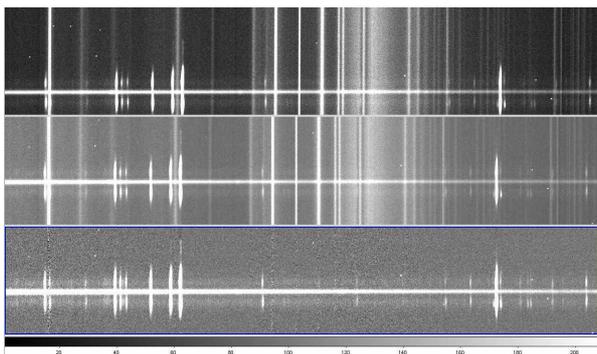


Fig. 3 : (alto) Immagine grezza, (mezzo) Immagine calibrata in lunghezza d'onda e flusso (basso) Immagine definitiva dopo la sottrazione del cielo

Abbiamo proceduto poi alla calibrazione in lunghezza d'onda degli spettri normalizzati, mediante il confronto con lo spettro di una lampada Fe-Ar le cui lunghezze d'onda erano note.

Abbiamo concluso la riduzione dei dati con la calibrazione dell'intensità di flusso, attraverso la comparazione con una stella il cui flusso era noto, e la sottrazione del cielo.

Per tutto il processo di riduzione dati abbiamo utilizzato *IRAF*, *DS9*, e *OpenOffice.Calc*. Infine, prima dell'analisi dei dati abbiamo diviso ogni spettro rilevato in tre sezioni distinte della nebulosa, per poter analizzare in totale nove regioni.

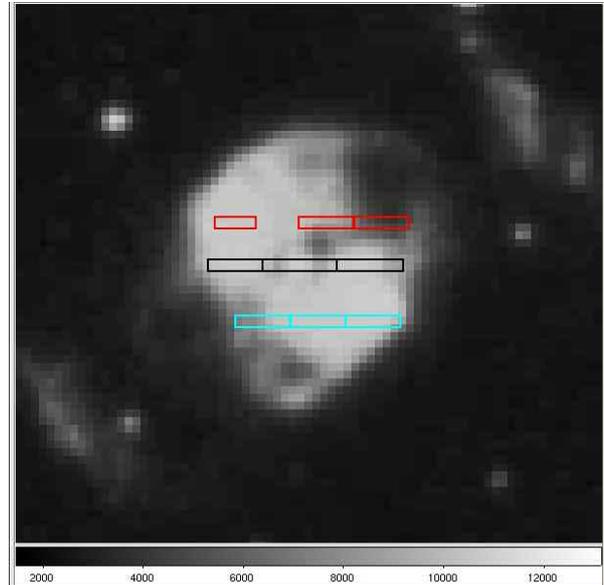


Fig. 3 : Le regioni analizzate (nord in alto, est a sinistra)

Il rapporto $\frac{H\alpha}{H\beta}$ delle regioni analizzate si discostava di poco dal valore teorico di 2,86 (Tab. 1) per cui si è potuto concludere che non vi era mezzo interstellare tale da determinare un sensibile assorbimento delle righe spettrali, pertanto non si sono rese necessarie correzioni ai dati.

| $H\alpha$ | $H\beta$ | $\frac{H\alpha}{H\beta}$ |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------|
| $6,10 \cdot 10^{-13}$ | $2,10 \cdot 10^{-13}$ | 2,90 |
| $6,80 \cdot 10^{-13}$ | $2,60 \cdot 10^{-13}$ | 2,62 |
| $1,96 \cdot 10^{-13}$ | $7,37 \cdot 10^{-14}$ | 2,67 |

Tab. 1 : Esempio di valori del decremento di Balmer per ciascuna regione (in $\text{erg cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{\AA}^{-1}$)

Abbiamo poi analizzato la composizione chimica della nebulosa mediante lo studio delle righe di emissione per ciascuna regione della stessa. Notevole ed interessante è stato il riconoscimento del Cl^{2+} , una riga molto rara che testimonia la notevole massa della stella originaria, e dell' O^{5+} (Fig. 4) che, presente in grandi quantità, caratterizza in modo univoco lo spettro della stella ed è indice dell'elevata temperatura¹.

Successivamente, dopo aver individuato le righe di emissione dell' O^{2+} e dello S^+ , una volta calcolati i loro flussi, per mezzo di un pacchetto di IRAF, abbiamo

¹ J.B.Kaler, L.Stanghellini, R.A.Shaw, *NGC2371: a high excitation planetary nebula with O^{VI} nucleus*, from *Astron. Astrophys.* 279 (1993)

effettuato una stima della densità elettronica e della temperatura delle varie regioni. Infine abbiamo tentato di dare una stima della temperatura superficiale della stella centrale confrontando lo spettro della stella con uno spettro di corpo nero a diverse temperature, nonostante disponessimo solo dello spettro del visibile.

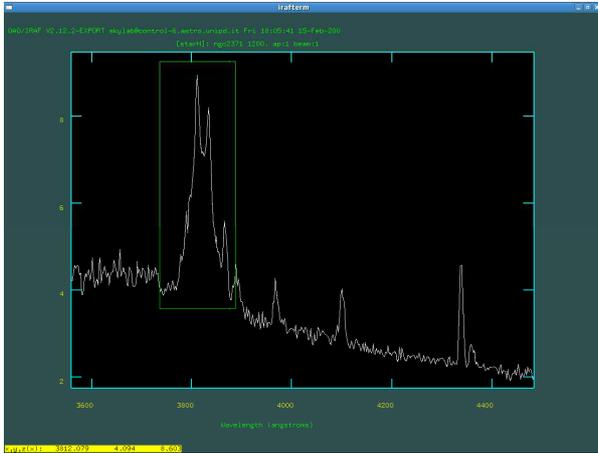


Fig. 4 : Particolare dello spettro della stella: le righe dell' [OIII]

IV. RISULTATI

Abbiamo compiuto un'analisi specifica di riconoscimento delle righe dello spettro esclusivamente nella zona a nord della stella con i seguenti risultati mediante il confronto con un elenco di elementi comuni (Tab. 2).

| Lunghezza d'onda (Å) | Elemento |
|----------------------|------------|
| 3969 | [Ne III] |
| 4102 | H δ |
| 4340 | H γ |
| 4363 | [O III] |
| 4686 | He II |
| 4740 | [Ar IV] |
| 4861 | H β |
| 4959 | [O III] |
| 5007 | [O III] |
| 5412 | He II |
| 5538 | [Cl III] |
| 5876 | He I |
| 6313 | [S III] |
| 6435 | [Ar V] |
| 6563 | H α |
| 6716 | [S II] |
| 6731 | [S II] |
| 7006 | [Ar V] |
| 7138 | [Ar III] |
| 7175 | He II |

Tab. 2 : Elenco di righe in emissione visibili negli spettri delle nebulose.

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:

$$\frac{I(4959) + I(5007)}{I(4363)} = \frac{3.29 \cdot 10^4 T_e}{7.73 \cdot e^{T_e}} \cdot \frac{N_e}{1 + 4.5 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{N_e}{\sqrt{T_e}}}$$

$$N_e = \frac{I(6716)}{I(6731)},$$

dove N_e è la densità elettronica e T_e la temperatura elettronica.

Facendo ricorso a un programma di IRAF che fa questi calcoli, abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

| Zona | Densità ($e \cdot cm^{-3}$) | Temperatura ($^{\circ}K$) |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|
| Centro sx | 952 | 15700 |
| Centro | 111 | 19500 |
| Centro dx | 4100 | 17000 |
| Nord sx | 5374 | 20250 |
| Nord | 589 | 15000 |
| Nord dx* | <100 | ? |
| Sud sx | 2870 | 19000 |
| Sud | 495 | 18000 |
| Sud dx | 1180 | 13000 |

Tab. 3 : Risultati di densità e temperatura per ogni regione osservata. (*)Non è stato possibile determinare correttamente la misura in questa regione perché l'intensità della riga dello zolfo era troppo bassa per poterla distinguere dal rumore di fondo.

Si noti come la densità elettronica sia estremamente variabile nelle diverse regioni. Questo è indice del fatto che la nebulosa è assolutamente disomogenea e spiega come sia possibile vedere la stella al suo interno. Al contrario la temperatura è decisamente più uniforme (Tab. 3).

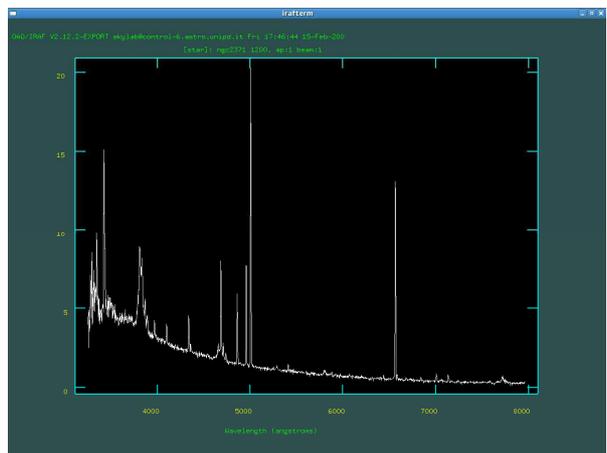


Fig. 5 : Lo spettro della zona centrale che contiene la stella

L'ultima analisi ci ha portato a dare una stima della temperatura superficiale della stella utilizzando lo spettro della regione centrale della nebulosa (Fig. 5), dove si nota un continuo con intensità crescente verso le lunghezze d'onda più corte, emesso dalla stella, e le righe spettrali in emissione della nebulosa.

Abbiamo ottenuto un valore compreso tra 50 000 K e 100 000 K (Fig. 6), ma non siamo stati in grado di fornire una stima migliore, poiché non avevamo a disposizione la parte più rilevante della curva di spettro della stella, ossia quella contenente il picco d'emissione, che ci avrebbe permesso di dare una misura più accurata.

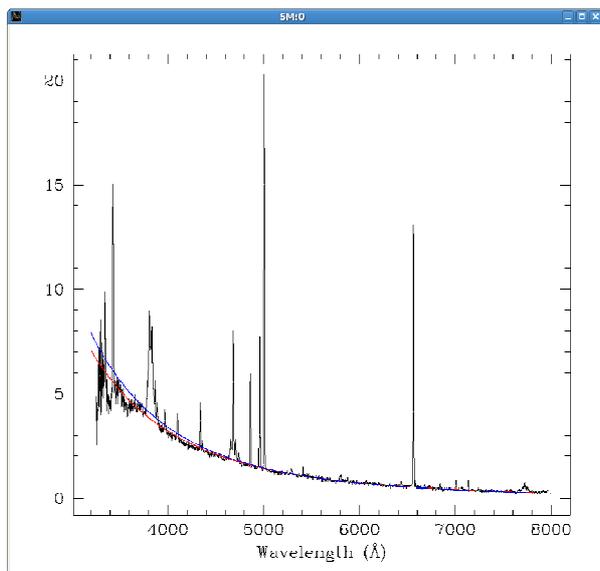


Fig. 6 : Confronto tra lo spettro della nebulosa che contiene la stella centrale e curve di corpo nero a 50 000 K (rosso) e a 100 000 K (blu)