Spettroscopia ottica di sorgenti celesti ignote

Filippo Dalla, Angelo La Rocca, Luca Palmieri

ABSTRACT

La spettroscopia è la scienza che si occupa dello studio e della misura di uno spettro, i dati che vengono usati provengono da telescopi a terra o da satelliti in orbita, noi in particolare abbiamo studiato gli spettri ottici di tre sorgenti, ottenuti con il telescopio Cassini di 152 cm (Fig. 1) situato presso l'osservatorio astronomico di Loiano (Bologna, Italia). Gli oggetti che abbiamo analizzato sono:

- PBC 0838
- PBC 1020
- PBC 0706

Dalle analisi degli spettri ottici ottenuti abbiamo potuto definire la natura dei corpi celesti e la loro distanza da noi. Le prime due sorgenti (PBC0838, PBC1020) si sono rivelate essere oggetti esterni alla nostra galassia (denominata *Via Lattea*), mentre la sorgente PBC0706 appartiene alla *Via Lattea*.

Figura 1: telescopio Cassini di Loiano.

INTRODUZIONE

Una volta rilevata una sorgente di raggi X da un satellite, spesso non se ne conosce la natura, cioè non si sa a quale tipo di oggetto astronomico corrisponda, perciò si cerca di individuarne la controparte ottica e di ottenere un suo spettro, cioè classificare la quantità di radiazione elettromagnetica visibile emessa dalla sorgente (in funzione della sua lunghezza d'onda). Questo procedimento permette di determinare alcune caratteristiche della sorgente che possono aiutare a classificarla. Attraverso i dati ricavati dallo spettro ottico dell'oggetto è infatti possibile misurare il valore dell'eventuale spostamento verso il rosso (*redshift*) delle righe presenti nello spettro, cioè del fenomeno per cui la frequenza della luce risulta più bassa rispetto alla frequenza che aveva quando è stata emessa, e grazie a questo determinarne la sua distanza.

Gli spettri analizzati provengono dal telescopio dell'osservatorio di Loiano, la posizione celeste degli oggetti (Ascensione Retta e Declinazione riferite all'anno 2000) e la durata di ciascuna osservazione sono riportati nella tabella sottostante.

Nome oggetto	Ascensione Retta (h m s)	Declinazione (° ' ")	Tempo di esposizione (s)
PBC 0838	08 38 58.8	+26 08 12	1800
PBC 1020	10 19 58.7	+03 24 47.3	1800
PBC 0706	07 06 48.93	-02 34 34	1800

CREAZIONE IMMAGINI DI RIFERIMENTO

Per cominciare abbiamo creato delle immagini di riferimento (*finding chart*) 10'x10', cioè di dimensione simile a quella del campo di vista del telescopio utilizzato, in cui abbiamo localizzato le sorgenti da analizzare. Questo è stato fatto utilizzando delle immagini di archivio della Digital Sky Survey (DSS), un atlante di immagini del cielo in versione digitale, e un pacchetto software, DS9, utilizzato per la visualizzazione e l'analisi di immagini astronomiche. All'interno di ciascuna delle immagini scaricate dall'archivio DSS abbiamo individuato le nostre sorgenti e abbiamo quindi prodotto le *finding chart* di cui riportiamo un esempio in figura 2.

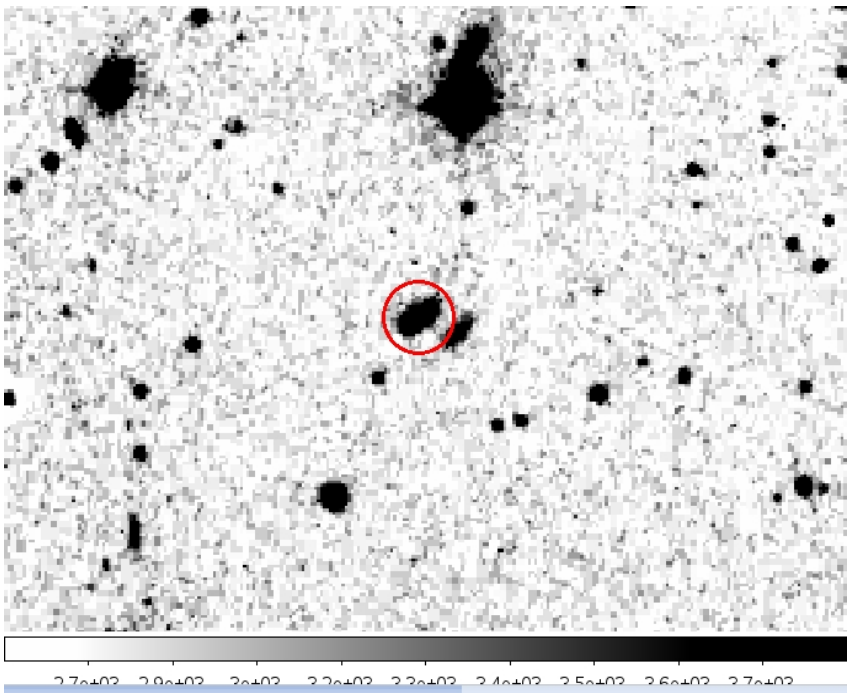

Figura 2: un esempio di finding chart prodotta per la sorgente PBC0838.

RIDUZIONE SPETTRI E ANALISI DEI DATI

Per ottenere uno spettro ottico della sorgente utilizzabile per le misure scientifiche, cioè flusso verso lunghezza d'onda, partendo dalle immagini ottenute con le osservazioni spettroscopiche del telescopio, abbiamo applicato quella che viene chiamata "riduzione delle immagini". Per farlo abbiamo usato un altro pacchetto software per l'analisi di dati astronomici: IRAF (http://iraf.noao.edu/).

Per cominciare abbiamo ripulito le immagini bidimensionali degli spettri dai raggi cosmici che hanno colpito i pixel del CCD. La procedura IRAF utilizzata sostituisce il valore anomalo dei pixel colpiti con il valore mediano del cielo circostante. Un esempio del "prima" e "dopo" la pulizia è riportato in figura 3.

Successivamente, utilizzando un'altra procedura IRAF, abbiamo estratto lo spettro monodimensionale delle sorgenti. Per fare ciò abbiamo per prima cosa individuato su quali e quante colonne del CCD cadeva lo spettro ("apertura"), come mostrato in figura 4 (lo spettro della sorgente è visibile come colonna verticale bianca in figura 3). Tramite la stessa procedura, abbiamo sottratto allo spettro della sorgente quello del cielo che "contamina", sommandosi, il flusso del continuo e delle righe della nostra sorgente. Nella figura 4 sono indicate le due zone selezionate (una a destra e una a sinistra del nostro spettro) per la misura del cielo.

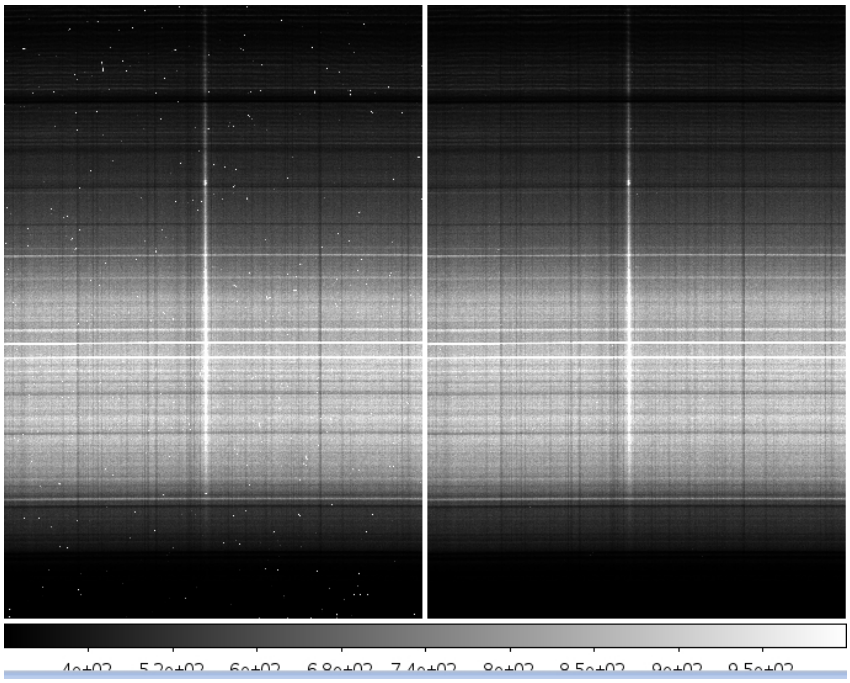

Figura 3: Immagine bidimensionale di uno spettro (riga verticale bianca al centro), prima e dopo la pulizia dei raggi cosmici visibili come tanti puntini bianchi nell'immagine di sinistra. Le righe orizzontali sono righe del cielo.

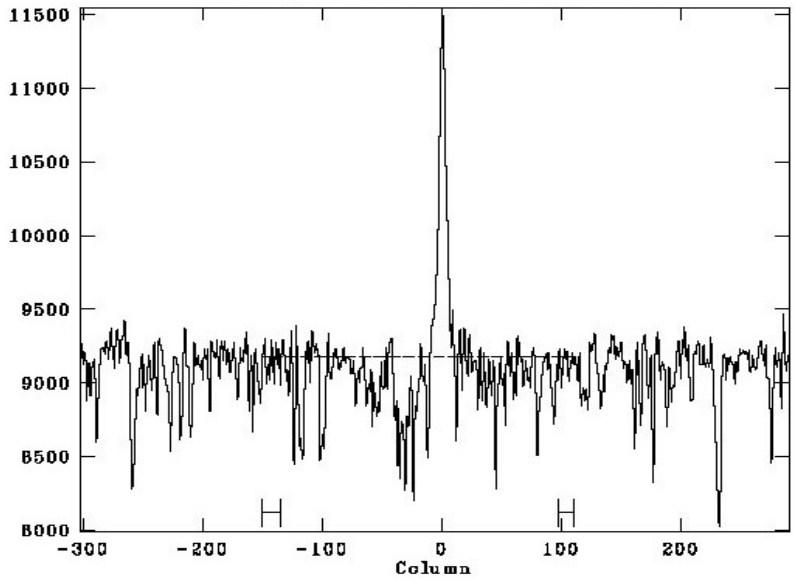

Figura 4: Immagine prodotta dalla procedura IRAF utilizzata per determinare l'apertura da utilizzare per estrarre lo spettro monodimensionale (sorgente PBC0838).

Il passo successivo nella riduzione delle immagini è stata la calibrazione in lunghezza d'onda dello spettro monodimensionale estratto. Usando lo spettro di una lampada di calibrazione nota (figura 5), ottenuto con il telescopio chiuso, sono state determinate le funzioni di dispersione dei vari spettri, cioè le relazioni fra pixel e lunghezza d'onda in Å: in questo modo abbiamo calibrato in lunghezze d'onda gli spettri degli oggetti studiati.

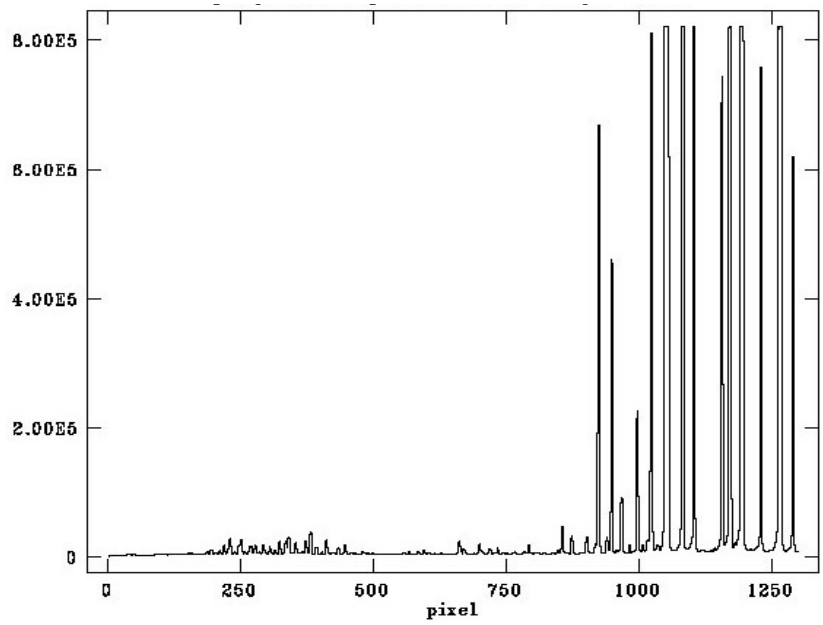

Figura 5: Esempio di spettro della lampada Elio-Argon utilizzata per la calibrazione in lunghezza d'onda.

L'ultimo passo della riduzione è stata la calibrazione in flusso delle immagini. Per fare ciò si utilizza uno spettro di confronto su una sorgente "standard", cioè una sorgente che ha uno spettro conosciuto di flusso noto.

Il risultato finale è uno spettro monodimensionale calibrato in flusso e in lunghezza d'onda per ognuna delle sorgenti analizzate, che emettono con intensità diversa l'una dall'altra fotoni a varie frequenze (esempio in figura 6). Su questi dati, ora scientificamente utilizzabili, abbiamo fatto l'analisi

Tramite l'identificazione di alcune delle righe di emissione più comuni (quali Hα, Hβ, OIII, NII), è stato possibile misurare la differenza di lunghezza d'onda tra le righe di emissione osservate e quelle prodotte in laboratorio, di conseguenza abbiamo calcolato il *redshift* di ognuno dei corpi celesti osservati usando la formula:

$\lambda'/\lambda=1+z$

z rappresenta il *redshift*, λ' la lunghezza d'onda della riga di emissione osservata, λ rappresenta invece la lunghezza d'onda della stessa riga di emissione rilevata però in laboratorio.

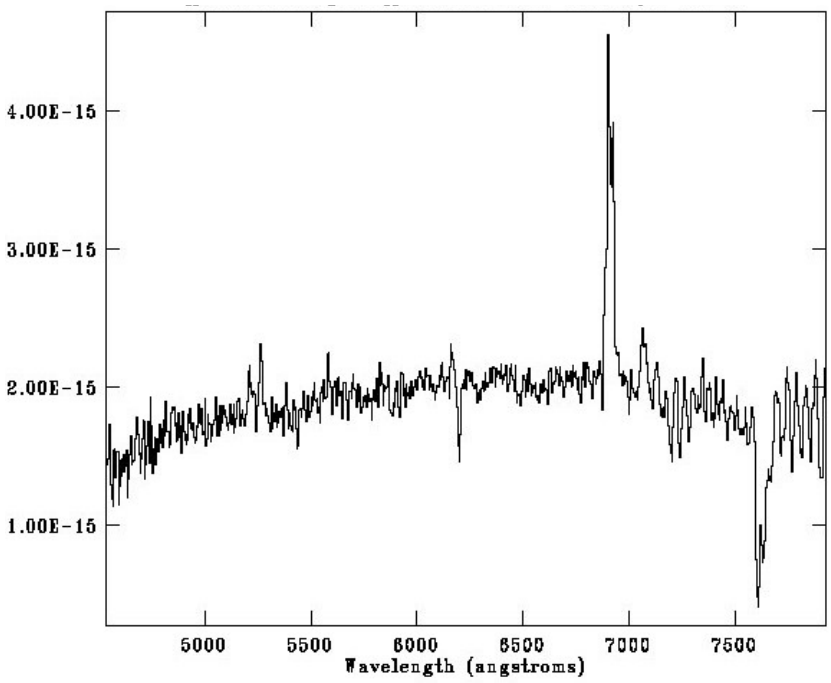

Figura 6: Spettro monodimensionale calibrato della sorgente PBC 0838. Sono ben visibili alcune righe di emissione (in particolare Hα a circa 6900 Å).

RISULTATI E CONCLUSIONI

Dopo lo studio delle righe di emissione, una volta ottenuto il *redshift* di ognuna delle tre sorgenti, abbiamo potuto determinarne la natura. Le prime due sorgenti analizzate, PBC0838 e PBC1020, si sono rivelate essere oggetti esterni alla nostra galassia (si può dedurre che sono galassie lontane perché il loro *redshift* è maggiore di 0), mentre PBC0706, il cui *redshift* è uguale a 0, è una sorgente interna alla nostra galassia, un tipo particolare stella.