

IDENTIFICAZIONE DI 4 SORGENTI CELESTI IGNOTE

F. Bichicchi, D. Sgubbi, M. Vincenzi

Abstract

In seguito a osservazioni del cielo può accadere di rilevare sorgenti ignote. Per cercare di capire quale è la loro natura è fondamentale studiarne lo spettro ottico, chiaramente se la luminosità di tali sorgenti è sufficiente per ottenerlo. Lo spettro ci permette di comprendere se la sorgente appartiene o meno alla nostra galassia (la *Via Lattea*) e, dal confronto con spettri di oggetti noti, di capire di che tipo di sorgente celeste si tratti. La spettroscopia è proprio la scienza che si occupa dell'analisi degli spettri emessi dalle sorgenti. Lo scopo dello stage, è stato imparare le dinamiche della ricerca scientifica dedicata in particolare alla caratterizzazione di sorgenti ignote e cercare di capire la natura di alcuni oggetti celesti utilizzando alcuni software astronomici specifici (IRAF).

In particolare sono state analizzati gli spettri delle seguenti quattro sorgenti celesti:

- PBC 0838
- PBC 0706
- PBC 1020
- NGC 4051

Dall'analisi compiuta si è evinto che PBC 0838, PBC 1020 e NGC 4051 sono corpi celesti extragalattici, mentre PBC 0706 appartiene alla Via Lattea. Per la galassia NGC 4051 è anche stato effettuato il calcolo per determinare la massa del buco nero supermassiccio presente al centro di essa, che si è risultata essere 8.8×10^5 volte la massa del Sole.

Introduzione

Puo accadere che oggetti che emettono nella banda di alta energia X siano scoperti casualmente ed inizialmente non se ne conosca la natura. Per poterli identificare, è necessario individuarne la controparte ottica e, se sufficientemente brillanti, ottenerne ed analizzarne lo spettro. Utilizzando procedure standard nell'ambito di un pacchetto software dedicato all'analisi di dati astronomici, IRAF, è possibile determinare lo spostamento verso il rosso, *redshift*, dell'oggetto. Il *redshift* (z) indica se la sorgente si sta spostando rispetto a noi e quindi se appartiene alla nostra Galassia ($z \sim 0$) o no ($z > 0$). La misura del *redshift* dell'oggetto di cui si sta analizzando lo spettro si ottiene misurando la lunghezza d'onda di righe di specie atomiche note: un oggetto è extragalattico se $z > 0$, cioè la lunghezza d'onda delle righe presenti nel suo spettro è maggiore rispetto a quella che rileviamo in laboratorio.

Gli spettri analizzati sono stati acquisiti col telescopio "Cassini" di Loiano (d=152 cm).

Le coordinate degli oggetti sono riportate nella seguente tabella.

Oggetto	Ascensione Retta (h m s)	Declinazione (° ' ")
PBC 0838	08 38 58.8	+26 08 12
PBC 0706	07 06 48.93	-02 34 34
PBC 1020	10 19 58.7	+03 24 47.3
NGC 4051	12 03 09.686	+44 31 52.54

Creazione di una *finding chart*

La posizione in cielo di ciascuna sorgente ignota rivelata da osservazioni nelle alte energie è conosciuta con una incertezza (*cerchio d'errore*). Entro tale *cerchio d'errore* potrebbero esserci più sorgenti in cielo. La prima fase nel processo di identificazione di un oggetto ignoto consiste quindi nella creazione di una *finding chart*, cioè di un'immagine di riferimento (ottenuta nelle bande ottiche) del campo celeste in cui è presente la sorgente. Questa ci servirà per capire di quale oggetto (ed eventualmente di quanti se ce ne è più di uno dentro il *cerchio di errore*) dovremo ottenere lo spettro. La figura 1 ne riporta un esempio, il cerchietto verde è il *cerchio d'errore* associato alla posizione della sorgente ignota di alta energia.

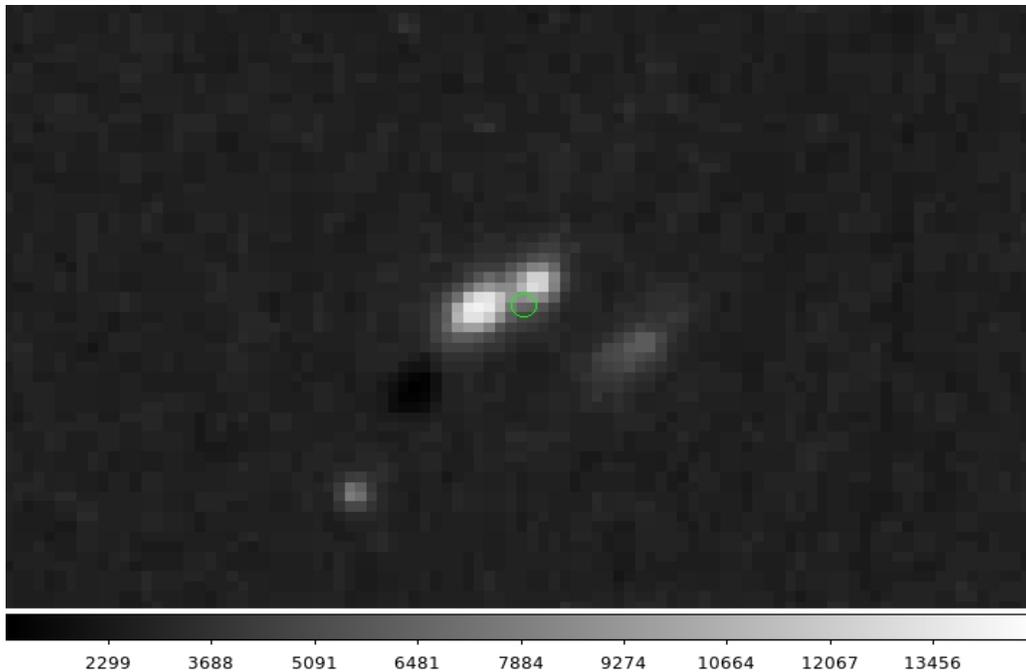


Figura 1: *Finding chart* creata per PBC 0838.

Eliminazione dei raggi cosmici

L'immagine ottenuta al telescopio che contiene lo spettro che ci interessa è una immagine bidimensionale. Prima di procedere all'estrazione dello spettro monodimensionale, su cui potremo poi cercare ed analizzare le righe, è necessario eliminare i raggi cosmici dall'immagine. Questi sono particelle cariche che colpiscono i CCD. Durante le osservazioni depositano molta energia. Essi appaiono come strisce o punti molto luminosi. Per eliminarli è necessario l'uso di una delle procedure presenti in IRAF: *crmedian* (in *crutil*). Con questa procedura il valore del pixel colpito dal gaggio cosmico viene sostituito utilizzando il valore medio della porzione di spazio circostante (normalmente si utilizzano aree di 3x3 pixel). Nella figura 2 è riportato un esempio del prima e del dopo il processo di rimozione dei cosmici.

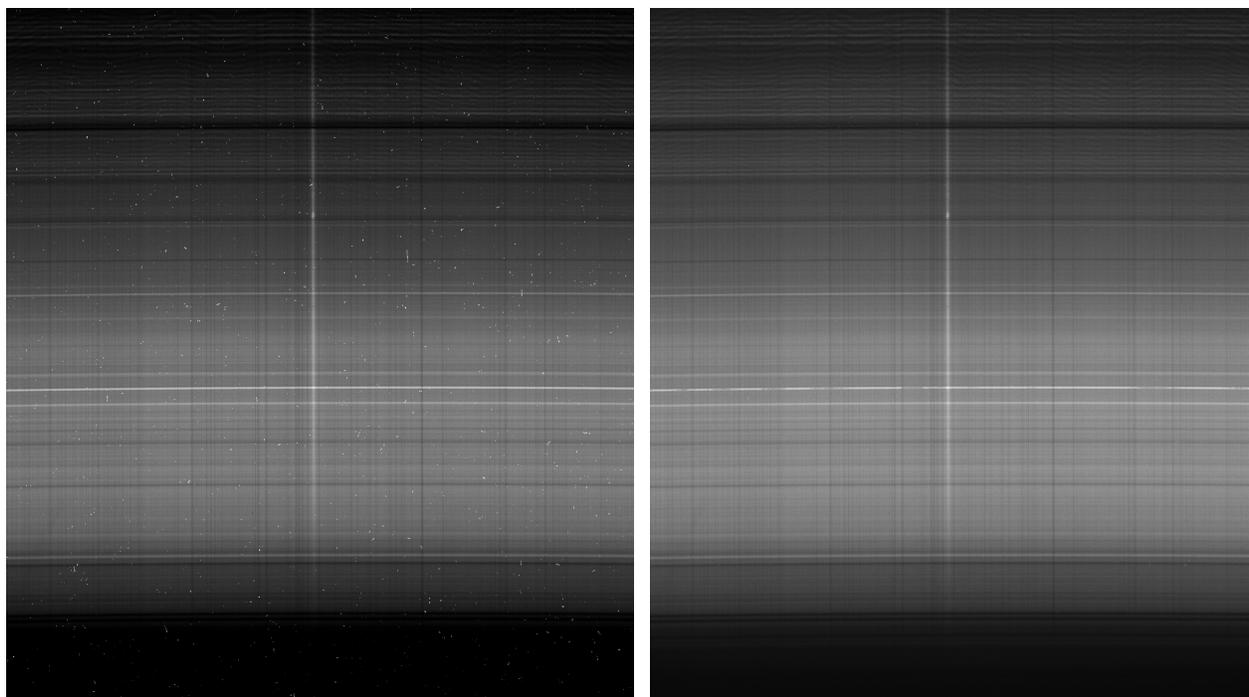


Figura 2: Un esempio di immagine con raggi cosmici (puntini bianchi) e senza, rispettivamente da sinistra a destra.

Estrazione dello spettro monodimensionale

Utilizzando la procedura *apall* di IRAF abbiamo estratto lo spettro monodimensionale della sorgente. Per fare ciò abbiamo quindi individuato nell'immagine bidimensionale su quali colonne del CCD ricadesse lo spettro, identificando quella di massimo segnale col picco alto centrale della figura 3. Quindi gli abbiamo sottratto lo spettro del cielo, ottenuto nelle colonne CCD intorno a quelle dove cade il nostro spettro, poichè aggiunge rumore allo spettro del nostro oggetto.

NOAO/IRAF V2.16.1 vincenzi@tonno Thu 12:12:58 23-Jun-2016
Image=cr_pbc0838_1, Sum of lines 785-794
Define and Edit Apertures

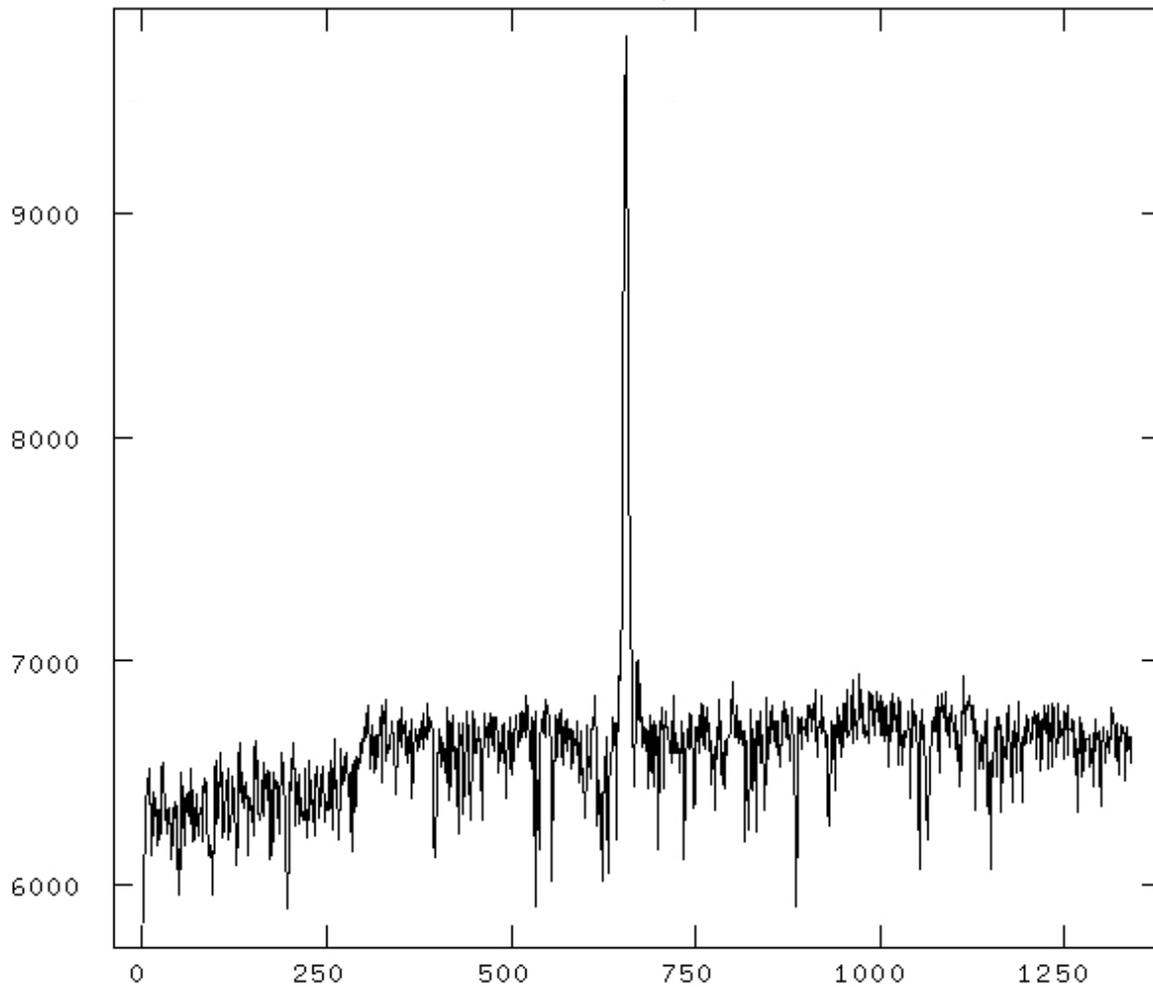


Figura 3: Individuazione delle colonne CCD su cui cade lo spettro della sorgente PBC 0838.

Calibrazione in lunghezza d'onda e flusso

Il passo successivo è la calibrazione dello spettro in lunghezza d'onda e in flusso. Per la prima calibrazione abbiamo utilizzato lo spettro di una lampada di calibrazione nota (spettro riportato nella figura 4), cioè le cui righe sono conosciute e sono state tabulate.

Sempre utilizzando procedure IRAF (*identify*), identificando le righe dello spettro della lampada nota, è stato possibile costruire la funzione di conversione da pixel in lunghezze d'onda espresse in angstrom(\AA). Il flusso dello spettro è stato quindi calibrato utilizzando una sorgente standard, cioè una sorgente di cui conosciamo il flusso, e la procedura *calibrate* di IRAF. La figura 5 riporta lo spettro finale monodimensionale del nostro oggetto, calibrato in lunghezza d'onda e flusso.

NOAO/IRAF V2.12.2a-EXPORT palazzi@linux Tue 10:51:05 30-Jun-2015
[lamp_HeAr.fits]: J0838.7+2812 5. ap:1 beam:1

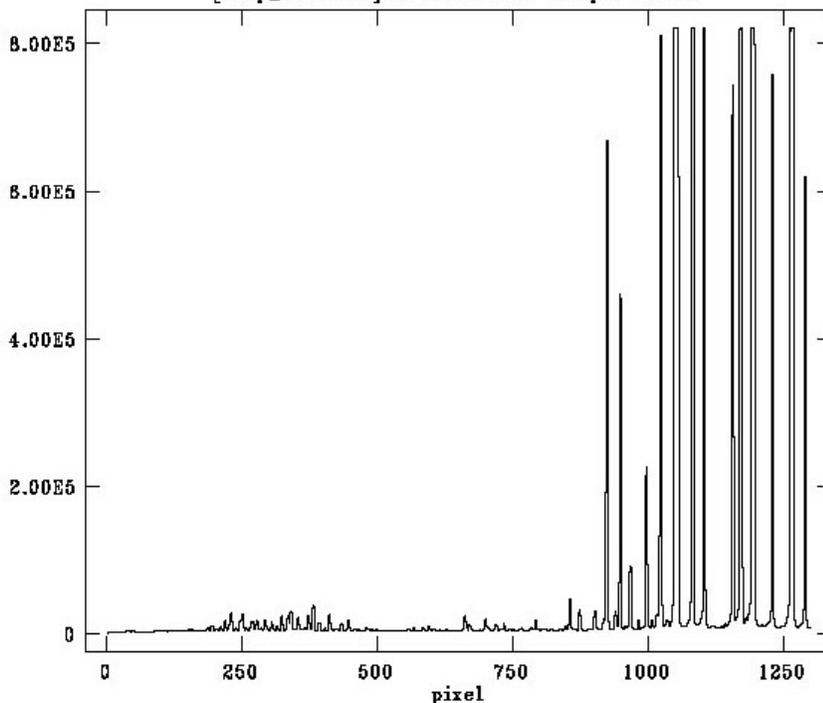


Figura 4: Spettro noto utilizzato per la calibrazione in lunghezza d'onda.

NOAO/IRAF V2.12.2a-EXPORT palazzi@linux Tue 16:18:09 30-Jun-2015
[pbc_0838.fits[*],1,1]]: J0838.7+2812 1800. ap:1 beam:1

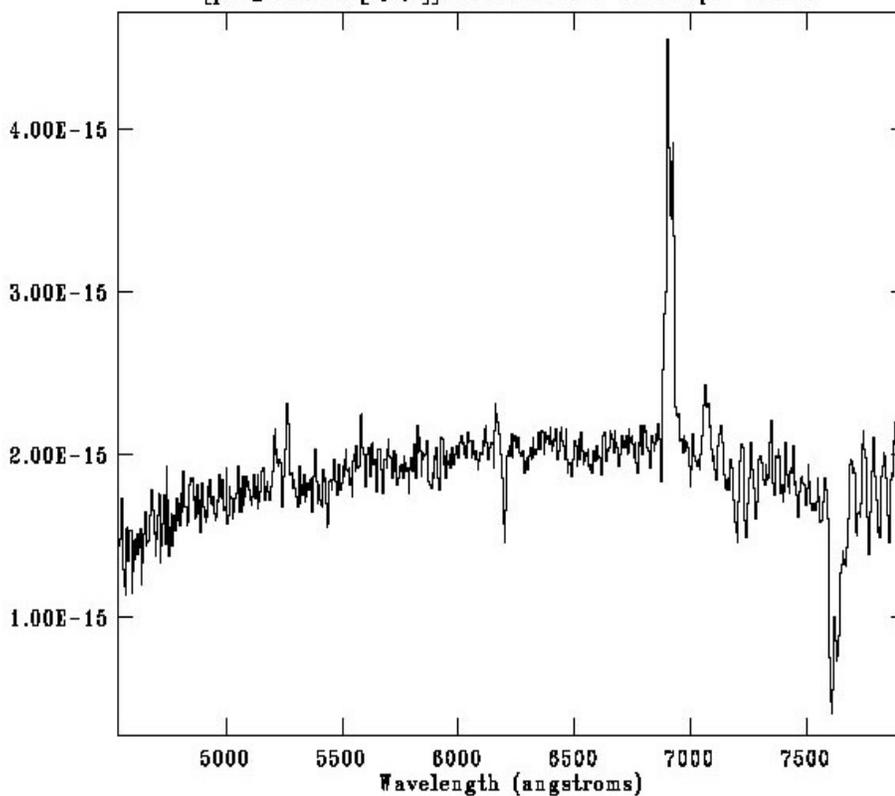


Figura 5: Spettro finale e calibrato di PBC 0838.

Calcolo del redshift

Abbiamo poi calcolato il *redshift* identificando le righe di emissione presenti nel nostro spettro. Facendo confronti con esempi di spettri di sorgenti celesti, tra le righe più facilmente riconoscibili nel nostro spettro ci sono quelle dell' $H\alpha$ e dell' $H\beta$. Il rapporto tra il valore osservato e il valore teorico diminuito di 1 ci fornisce la misura *redshift*, come espresso nella formula

$$z = (\lambda_o / \lambda_e) - 1.$$

Dove z rappresenta il *redshift*, λ_o la lunghezza d'onda della riga di emissione osservata e λ_e , cioè la lunghezza d'onda emessa misurata in laboratorio.

Nella seguente tabella sono riportati i *redshift* da noi calcolati per le quattro sorgenti di cui abbiamo analizzato gli spettri.

Sorgente	Redshift
PBC 0838	0,05
PBC 0706	0,00
PBC 1020	0,06
NGC 4051	0,002

Calcolo della massa del buco nero al centro di NGC 4051

Per calcolare la massa del buco nero (*Black Hole*, BH) al centro di NGC 4051, sapendo la distanza tra la Terra ed esso, abbiamo ricavato dallo spettro della galassia in questione (figura 6) il flusso dell' $H\beta$ e operando le opportune conversioni abbiamo applicato la seguente formula

$$M_{BH}/M_{\odot} = 4.74 (\lambda L_{5100} / 10^{37} \text{ W})^{0.61} \times (FWHM(H\beta) / \text{km s}^{-1})^2.$$

Dove M_{BH} indica la massa del buco nero, M_{\odot} la massa del Sole, λ la lunghezza d'onda in Angstrom, L_{5100} la luminosità dell'oggetto a 5100 Å e $FWHM(H\beta)$ è la *full width at half maximum*, ossia l'espressione della larghezza della riga di $H\beta$, data dalla differenza fra i valori assunti dalla lunghezza d'onda quando il flusso è pari alla metà del suo valore massimo.

In particolare $M_{BH} = 8.8 \times 10^5 M_{\odot}$, che è in accordo con le misure riportate nella letteratura scientifica.

* "Measuring the black hole masses of high-redshift quasars" R. J. McLure and M.J. Jarvis, 29 aprile 2002

NOAO/IRAF V2.16.1 vincenzi@tonno Thu 12:19:31 23-Jun-2016
[fcal_ngc4051_1.fits[*],1,1]]: ngc4051 180, ap:1 beam:1

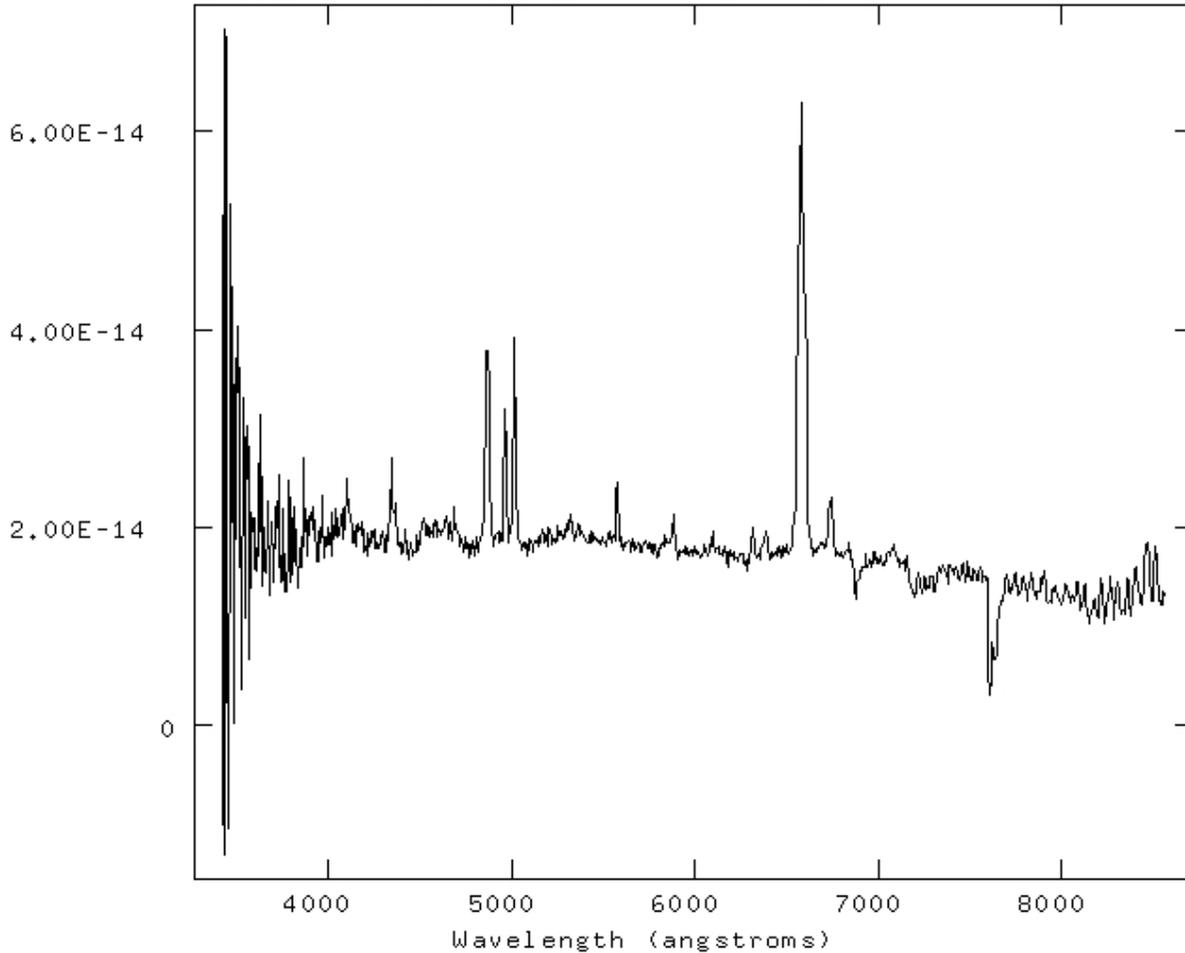


Figura 6: Spettro finale e calibrato di NGC 4051.

Conclusioni

Per tutte e quattro le sorgenti del nostro campione abbiamo applicato il procedimento sopra descritto per l'estrazione degli spettri monodimensionali e il calcolo del *redshift*. Dai *redshift* ottenuti abbiamo definito che PBC 0838, PBC 1020 e NGC 4051 sono oggetti esterni alla nostra galassia, dato che il *redshift* è maggiore di 0, mentre PBC 0706 appartiene alla *Via Lattea* dato che il suo *redshift* è uguale a 0. Inoltre, per NGC 4051 abbiamo calcolato la massa del buco nero al centro della galassia che è risultato essere 8.8×10^5 masse solari, in accordo con le misure riportate nella letteratura scientifica.