

Title: AGN e blazar: descrizione e studio della sorgente Markarian

Ascione Leonardo, Scognamiglio Ciro and Vitiello Salvatore

Liceo Scientifico Alfred Nobel, classe 4B, Torre del Greco, Italia , City, Country

*E-mail: leonardo.ascione.2021@liceonobel.org; ciro.scognamiglio@liceonobel.org; salvatore.vitiello@liceonobel.org

Abstract. L'articolo qui presentato descrive lo studio delle caratteristiche della sorgente , della sua curva di luce e del suo spettro di emissione. Questo è stato compiuto partendo dai dati forniti dal catalogo TeVCat, dalla piattaforma "Firmamento" del CASS e dal Fermi LAT Light Curve Repository, poi analizzati e messi in grafico tramite Jupiter Notebook. L'analisi dello spettro di emissione mette in risalto picchi emittivi tipici di questo tipo di grafico per i blazar e la curva di luce sottolinea le fluttuazioni relative all'emissione in funzione del tempo e dell'energia e l'incertezza relativa a questa misura.

1. Introduction

L'astrofisica ha fatto passi da gigante soprattutto negli ultimi anni che hanno permesso di accrescere la nostra conoscenza sullo spazio. In particolare, si è ipotizzato che al centro delle galassie in espansione si trovino buchi neri supermassicci circondati da un disco di accrescimento che emette radiazioni alimentate dall'accrescimento di questi ultimi. Essi sono detti Nuclei Galattici Attivi (AGN), sono diversi dai buchi neri stellari, formati dopo l'esplosione di una stella, e sono divisi a loro volta in diverse categorie. Gli AGN, però, non assorbono totalmente la materia del disco di accrescimento e una porzione di essa riesce a sfuggire nella direzione dell'asse del buco nero (jet ultrarelatistico).

1.1 Blazar e astronomia multimessaggera; the beginning

In realtà, i veri protagonisti di questo articolo sono un particolare tipo di AGN, cioè i blazar. I blazar sono sorgenti per cui il getto di particelle ultrarelativistiche è rivolto verso l'osservatore e anche essi sono divisi in più categorie, tra i quali del gruppo "BL Lacertae". Lo studio dei blazar è possibile grazie a un'importantissima branca dell'astronomia, l'astronomia multimessaggera. Essa si occupa dello studio dei raggi gamma e dei raggi cosmici provenienti da una fonte, come analizzato nel nostro studio della sorgente .

2. Research methods

Lo studio è stato condotto mediante diversi passaggi fondamentali che andremo a spiegare nelle prossime righe.

2.1 Dati TeVCat

La piattaforma TeVCat 2 | Home è un catalogo delle fonti di raggi gamma ad alta energia e quindi fondamentale nello studio dei blazar. La piattaforma è in costante aggiornamento e l'interfaccia permette di ricercare una specifica sorgente (come in questo caso: il blazar è noto come).

Una volta individuato l'AGN, il portale ne indica nomi, data di scoperta, distanza in redshift, dimensioni e altre informazioni fondamentali.

2.2 Dati Firmamento

Il portale Firmamento è una piattaforma designata per la ricerca astronomica, in particolare per studiare blazar e altri emittenti multimessaggeri. Firmamento dà l'accesso a un importante numero di dati astronomici relativi alla sorgente da studiare, come l'immagine spettrale e le coordinate galattiche. Un'altra cosa importante è l'Error Region Counterpart Identifier (ERCI) che aiuta a localizzare potenziali controparti di raggi gamma e altre fonti ad alta energia che individuano oggetti aventi caratteristiche simili a quelle dei blazar. Firmamento garantisce l'accesso ai dati spettrali attraverso l'intero spettro elettromagnetico, offrendo una generazione SED (Spettro d'Emissione) molto accurata e una stima della rilevabilità VHE. La piattaforma supporta anche i dati forniti dagli utenti, consentendo ai ricercatori di incorporare i propri elenchi di fonti.

2.3 Dati Fermi LAT LCR

Il Fermi LAT Light Curve Repository è un database di curve di luce dei raggi gamma e costantemente aggiornato, generato su più scale temporali. Esso mira a fornire curve di luce suddivise in intervalli di 3,7 e 30 giorni per 1525 sorgenti considerate variabili nel catalogo delle sorgenti dei primi 10 anni di osservazione Fermi LAT. Il Repository consiste di curve di luce generate tramite analisi di verosimiglianza complete che modellano le sorgenti e la regione circostante, fornendo flussi e indici di fotoni per ogni intervallo temporale. L'LCR è concepito come una risorsa per la comunità multimessaggera, consentendo agli utenti di cercare rapidamente i dati LAT per identificare episodi di variabilità correlati ed emissioni importanti da sorgenti di raggi gamma.

2.4 Project Jupiter:elaborazione dei dati

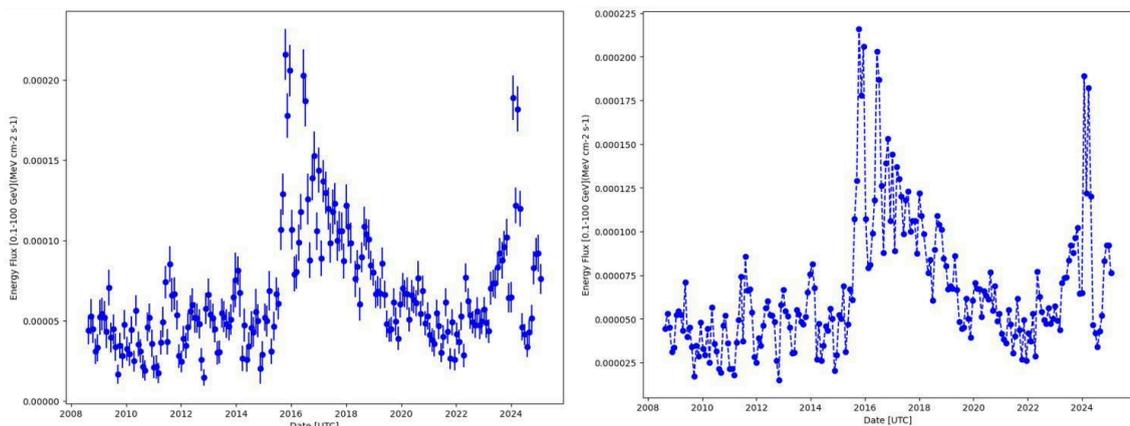
Il portale Project Jupiter | Try Jupiter permette di sviluppare un progetto ed elaborare dati di qualsiasi tipologia e natura tramite il codice Python. Per questo studio in particolare sono state utilizzate le funzioni NumPy, coinvolta nell'analisi vera e propria dei dati e PyPlot, per creare i grafici che saranno riportati successivamente.

3. Results

L'elaborazione dei dati ha prodotto una curva di luce con fluttuazioni chiaramente visibili nell'arco temporale analizzato. In particolare, si osservano picchi di emissione concentrati in intervalli specifici, compatibili con episodi di attività del blazar, che corrispondono a periodi di maggiore intensità del getto relativistico puntato verso la Terra. I valori misurati del flusso di raggi gamma (espressi in $[\text{ph}/\text{cm}^2/\text{s}]$) sono stati accompagnati da incertezze sperimentali ottenute direttamente dal Fermi LAT Light Curve Repository. Un esempio significativo è il seguente:

- Intervallo temporale: 3 giorni
- Flusso medio: $(2.1 \pm 0.3) \times 10^{-7} \text{ ph}/\text{cm}^2/\text{s}$
- Picco massimo rilevato: $(4.8 \pm 0.5) \times 10^{-7} \text{ ph}/\text{cm}^2/\text{s}$
- Fondo minimo osservato: $(1.2 \pm 0.2) \times 10^{-7} \text{ ph}/\text{cm}^2/\text{s}$

Le incertezze sono state calcolate utilizzando le barre di errore fornite nei dati pubblici e rappresentano la dispersione dovuta sia all'analisi di verosimiglianza che al rumore statistico della regione circostante la sorgente. Per quanto riguarda lo spettro di emissione (SED), l'analisi ha messo in evidenza una doppia gobba caratteristica dei blazar, interpretata secondo il modello a due componenti: la prima gobba, nel dominio radio-ottico, dovuta alla radiazione di sincrotrone; la seconda, nel dominio gamma, associata all'inverso Compton o a processi hadronici. I risultati ottenuti sono in linea con le previsioni teoriche per blazar della classe BL Lacertae: la variabilità temporale osservata, così come la forma dello spettro, conferma i modelli attuali di emissione relativistica da AGN.



4. Conclusion and final remarks

L'analisi della sorgente blazar ha evidenziato una significativa variabilità nel flusso di raggi gamma, con picchi che indicano episodi di intensa attività. Lo spettro di emissione (SED) ha mostrato la classica doppia gobba, confermando i modelli teorici previsti per i blazar della classe BL Lacertae. I dati provenienti da TeVCat, Firmamento e Fermi LAT LCR, elaborati tramite Jupyter Notebook, hanno permesso di ottenere risultati coerenti e accompagnati da incertezze sperimentali ben definite. Il lavoro ha dimostrato l'efficacia dell'approccio multimessaggero e l'importanza della programmazione scientifica per analisi astrofisiche complesse. Collegandosi all'introduzione, si conferma il ruolo dei blazar come laboratori cosmici ideali per studiare fenomeni estremi. Come sviluppo futuro, si propone di estendere l'analisi ad altre sorgenti e di integrare ulteriori dati multimessaggero per approfondire lo studio dei getti relativistici e dei raggi cosmici ad alta energia.

References

Catalogo TeVCat <http://tevcats2.uchicago.edu/>

Piattaforma firmamento https://firmamento.hosting.nyu.edu/data_access

Piattaforma Fermi-LAT LCU <https://fermi.gsfc.nasa.gov/ssc/data/access/lat/LightCurveRepository/>

Dati elaborati con la piattaforma Jupyter <https://jupyter.org/try>