

Concorso Nazionale
Giovani Astronomi al Telescopio Nazionale Galileo
III Edizione

Allegato 2 Modulo di presentazione della proposta

1. Titolo della proposta:

[inserire il titolo della proposta] Evoluzione circolare dal tipo 2 al tipo 1

2. Caso scientifico:

[selezionare con una X l'area tematica della proposta]

- ☒ Galassie e cosmologia
- ☐ Stelle e popolazioni stellari
- ☐ Pianeti extra-solari
- ☐ Sistema solare

3. Riassunto (massimo 1000 caratteri, spazi inclusi)

[scrivere un breve riassunto della proposta, evidenziandone la rilevanza scientifica]

La nostra proposta punta ad osservare la galassia NGC 4156, una galassia a spirale barrata, utilizzando Dolores per osservare la riga $H\alpha$ e $H\beta$ e stimare la massa del buco nero e il tasso di accrescimento della sorgente. La sorgente è stata già osservata nel 2019 e successivamente, nel 2022, allorquando ha mostrato una doppia transizione di aspetto dapprima da uno di tipo 2 (nel 2004) a uno di tipo 1 (vale a dire, tipo 1.5 nel 2019) per poi ritornare a uno di tipo 2 (vale a dire, tipo 1.8 nel 2022). Si cercherà quindi di aggiungere dati osservativi per capire come sta progredendo la transizione a tre anni dall'ultima osservazione.

Nei mesi precedenti l'osservazione stabilita, non appena la galassia sarà visibile alle nostre latitudini in orari consoni, proveremo ad osservare la NGC 4156 con il telescopio rifrattore APO (D=130 mm, f/7) in dotazione alla nostra scuola per andare ad indagare la zona di cielo che sarà oggetto di osservazione al TNG. Siamo coscienti che, nella migliore delle condizioni osservative, la galassia ci apparirà come una sorgente luminosa indistinta visto e considerata la sua distanza dal Sole di 95.2 Mpc (310,3 milioni di anni luce).

4. Strumenti utilizzati:

[per ogni strumento richiesto, inserire il numero di ore necessarie per portare a termine la proposta; se uno strumento non è necessario, cancellarlo dalla lista]

- DOLORES: per osservare la NGC 4156 chiediamo di disporre di 1h 45' divisi in 1h per osservarla con il grism VHR-R e 45' con il grism LR-B.

Se ci fosse il tempo per osservare una seconda sorgente, proporremo la NGC 4614 per un totale di 1h: per la LR-B un'esposizione di 25' e per la VHR-R saranno necessari 35'.

Qualora ci fosse la possibilità di osservare una terza sorgente ci orienteremo sulla NGC 4151 per un totale di 31': LR-B per 6' e VHR-R per 25' di esposizione.

Infine, se avessimo a disposizione altre 2 ore circa, proponiamo di osservare una prima sorgente per 50' e una seconda sorgente per 1h, entrambe nella sola banda LR-B. In questa stima dei tempi non è compreso il tempo necessario per acquisire gli spettri della stella standard e non sono compresi i tempi morti (overheads).

5. Descrizione della proposta (massimo 10.000 caratteri, spazi inclusi):

[descrivere la proposta in relazione ai criteri riportati nel bando. Esplicitare gli obiettivi che ci si prefigge di raggiungere con le osservazioni. È possibile inserire grafici o immagini per completare la descrizione, così come la bibliografia utile]

I CL-AGN (Changing-Look AGN) sono importanti perché mettono in discussione il Modello Unificato. Secondo tale modello, i diversi tipi di AGN derivando da una struttura unica in base al suo orientamento rispetto alla linea di osservazione, presentano caratteristiche differenti. Studiare le cause delle variazioni dei CL-AGN potrebbe migliorare la comprensione della struttura del nucleo galattico. Nel corso degli anni sono state elaborate diverse teorie per spiegare questo fenomeno. I cambiamenti potrebbero essere dovuti ad una forte variabilità nell'oscuramento del nucleo galattico attivo oppure da un cambiamento intrinseco del AGN, come un aumento o un calo del tasso di accrescimento del buco nero.

La nostra proposta si inserisce in un lavoro già eseguito nel 2019 quando NGC 4156 divenne una CL-AGN. L'analisi spettrometrica delle componenti BLR $H\alpha$ e $H\beta$ ha evidenziato una transizione globale da un tipo 2 a un tipo 1 per poi invertire la transizione nelle successive osservazioni nel 2022. I cambiamenti osservati nell'aprile del 2022, riguardanti il continuo blu ascendente, hanno suggerito un'ulteriore evoluzione all'indietro verso un tipo 2.

I dati del TNG acquisiti nel 2019 hanno infatti rivelato la comparsa di una componente BLR (Broad Line Region) nei profili delle righe $H\alpha$ e $H\beta$, insieme a un continuo blu crescente. Le componenti BLR sono state confermate dalle osservazioni di follow-up del 2022, mentre il continuo crescente è scomparso. Sia nel 2019 che nel 2022, la componente larga della riga di emissione $H\alpha$ è risultata brillante e ben rilevata, mentre la componente larga della riga di emissione $H\beta$ è stata osservata appena ed è stato difficile identificarla, soprattutto nel 2022 (vedi Figura1). Ciò suggerisce che nel 2019 e nel 2022, NGC 4156 era in due stati intermedi della sua evoluzione, da tipo 2 a 1.

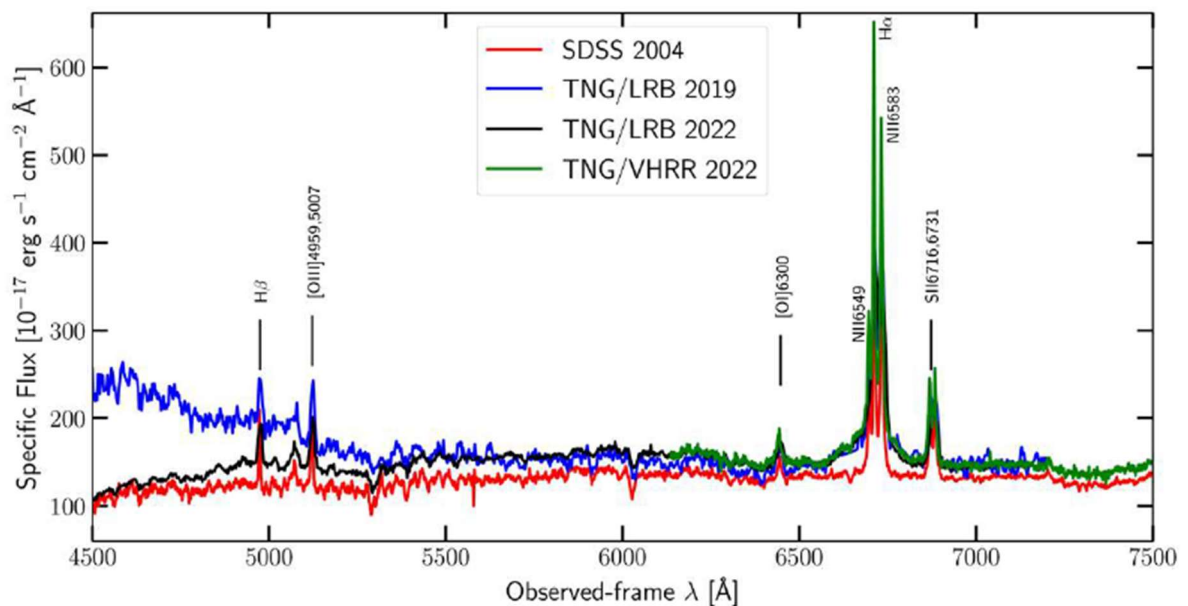


Figura 1: Confronto tra lo spettro SDSS 2004 (rosso) e gli spettri acquisiti al TNG. I dati TNG/LR-B osservati nel 2019 e nel 2022 sono rappresentati rispettivamente da linee blu e nere; mentre lo spettro TNG/VHR-R 2022 da una linea verde.

L'evoluzione spettrale e le transizioni di tipo osservate negli ultimi vent'anni potrebbero essere il risultato di un assorbimento variabile della polvere, che scherma l'AGN centrale lungo la linea di vista, o di variazioni nel tasso di accrescimento. Il tempo di attraversamento, in uno scenario di assorbimento variabile, ipotizzando un'orbita kepleriana di raggio $R_{nube} = 3 R_{BLR}$ e una massa del buco nero basata su $H\alpha$, è stato stimato in 4 anni, come risulta dal lavoro di G. Tozzi et al. nel 2022. Poiché NGC 4156 non è ancora rientrata al tipo 2 nel periodo di osservazione di tre anni (ovvero, 2019-2022), la schermatura del nucleo sembra essere uno scenario praticabile. Pertanto, la nostra proposta osservativa al TNG per il 2026, si collocherà a 4 anni dall'ultima osservazione e potrà verificare questa ipotesi. Con la presenza dell'emissione BLR, è possibile utilizzare i dati ottici per calcolare le proprietà fondamentali degli AGN come la massa del buco nero, la luminosità bolometrica, il rapporto di Eddington ($\lambda_{Edd} = \frac{L_{bol}}{L_{Edd}}$) e il raggio caratteristico della BLR (R_{BLR}). Nel lavoro del 2022 è stata stimata la massa del buco nero uguale a $(1,4 \pm 0,1) \times 10^8 M_{\odot}$ (cioè $\log \frac{M_{BH}}{M_{\odot}} \sim 8,1$), con l'analisi spettrale che proponiamo sarà un nostro obiettivo quello di confrontare i nostri risultati con questi valori. Parallelamente all'osservazione al TNG, avverrà l'osservazione della NGC 4156 dal nostro osservatorio posizionato sul tetto della nostra scuola. Si tratta di un rifrattore APO del diametro di 130 mm e una focale di f/7. La strumentazione elettronica in dotazione non ci permette di arrivare ad avere una soddisfacente copertura ottica della sorgente, tale da poter affiancare la proposta osservativa al TNG. La scuola con sede a Trinitapoli (BT) risulta essere distante da fonti di luce dirette e trovandosi in una zona periferica del paese ha un buon seeing, viste e considerate le osservazioni pregresse effettuate. Le osservazioni preliminari avranno inizio già dal mese di Aprile, quando le serate saranno meno fredde e ci saranno minori turbolenze atmosferiche. Lo scopo dell'osservazione a scuola, si deve interpretare come una preparazione in piccolo di quello che avverrà al TNG (qualora risultassimo vincitori del concorso).

In conclusione, la scoperta di NGC 4156 come CL-AGN rende questa galassia meritevole di ulteriori indagini, rendendola nel complesso, un oggetto estremamente interessante da studiare.

In aggiunta all'osservazione della galassia oggetto della proposta osservativa, abbiamo pensato di impiegare il restante tempo osservativo con altri 4 oggetti che hanno evidenziato una transizione da tipo I a tipo II e che sono ben osservabili nei periodi proposti.

Bibliografia

- Tozzi, G., et al., 2022, *Astronomy and astrophysics* 667, L12
 Lusso, E., et. al., 2025, *Astronomy and astrophysics* 695, A269
 Penston, M.V. e Perez, E., 1984, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* (MNRAS) 211, Issue 1, pp. 33P–39P.
 Shapovalova et al., 2008, *Astronomy & Astrophysics* 486, Issue 1, pp. 99–111
 Zeltyn et al., 2024, *The Astrophysical Journal*, 966, 85
 Wu & Shen et al., 2022, *The Astrophysical Journal*, 263, 42

6. Vincoli sulle osservazioni (massimo 800 caratteri, spazi inclusi):

[assumendo che le osservazioni verranno fatte tra maggio e giugno 2026, indicare un intervallo di date in cui fare l'osservazione e la fase lunare ideale per il buon esito delle osservazioni, in accordo con lo schema sottostante]

Periodo ottimale per l'osservazione

Prima scelta:

- Intervallo date: 08/05 – 19/05
- Fase lunare: tra l'ultimo quarto e nuova o poco oltre la fase di Luna nuova (fase di Luna nuova il 16/05)

Seconda scelta:

- Intervallo date 05/06 – 18/06
- Fase lunare: tra l'ultimo quarto e la fase di Luna nuova o poco oltre. (fase di Luna nuova il 16/05)

Note: Le date sono state ricavate dalle “daily chart”, curve di altezza in funzione del tempo indicate dal portale “airmass.org” per il sito del TNG. Abbiamo indicato le date per le quali la galassia NGC 4156 possa essere osservata a altezze superiori i 45° per tutto il tempo necessario e che la luminosità della Luna interferisca il meno possibile con l'osservazione della galassia NGC 4156, con la Luna sotto i 10° di altezza durante la fase osservativa.

7. Lista dei target e tempi di esposizione

[indicare il nome dei target, le coordinate e i tempi di esposizione richiesti su singolo target, compilando una tabella con la seguente struttura - è possibile aggiungere righe senza però modificare il format della tabella]

Nome	α	δ	Epoca	Magnitudine	Tempo di esposizione	Setup strumentale (filtro, grism, ecc)	Note
NGC 4156	12h10m49.4s	39°28'23''	J2000	17.7 mag <i>arcsec</i> ⁻²	6400 s	LR-B VHR-R	LR-B 2800 s (S/N = 50) VHR-R 3600 s (S/N = 30)
NGC 4614	12h41m31.47s	26°02'33''	J2000	17.2 mag <i>arcsec</i> ⁻²	3800 s	LR-B VHR-R	LR-B 1600 s (S/N = 50) VHR-R 2200 s (S/N = 30)
NGC 4151	12h10m32.58s	39°24'21''	J2000	14.9 mag <i>arcsec</i> ⁻²	1900 s	LR-B VHR-R	LR-B 400 s (S/N = 75) VHR-R 1500 s (S/N = 75)
SDSSJ140037	14h00m37.13s	62°21'32''	J2000	18.95 mag <i>arcsec</i> ⁻²	3400 s	LR-B	LR-B 3400 s (S/N = 30)
SDSSJ140515	14h05m15.59s	54°24'58''	J2000	19.4 mag <i>arcsec</i> ⁻²	3600 s	LR-B	LR-B 3600 s (S/N = 24)

8. Strategia osservativa e calcolo dei tempi di esposizione

[indicare la strategia osservativa e il calcolo dei tempi di esposizione riportati nella tabella precedente, necessari per portare a termine la proposta]

Nelle fasi preliminari dell'osservazione, per la calibrazione del flusso degli spettri in emissione useremo la stella standard Feige 66 (12h 37m 23s, +25° 03' 59'').

La strategia osservativa di NGC 4156 combina due configurazioni spettroscopiche complementari per studiare la natura di nucleo galattico attivo (AGN) "changing-look"

Nella configurazione LR-B (Low Resolution – Blue), le osservazioni puntano ad ottenere una panoramica del continuo e identificare le principali righe di emissioni su un ampio intervallo spettrale (4000 – 8000 Å). Il monitoraggio della comparsa delle componenti larghe nelle righe dell'idrogeno ($H\alpha$ e $H\beta$) e l'andamento del continuo nel blu sono indicatori di transizioni nello stato di attività del nucleo galattico e del contributo del continuo dell'AGN rispetto alla galassia ospite. Abbiamo stimato le magnitudini superficiali riportate in tabella dagli spettri delle sorgenti, tutti disponibili online. Per stimare i tempi di esposizione abbiamo utilizzato l'Exposure Time Calculator disponibile sul sito web del TNG, dove abbiamo inserito le magnitudini ricavate e gli altri parametri dell'osservazione (Luna 3 giorni, airmass 1.2, fenditura 1.0" e il rapporto segnale/rumore desiderato). Per NGC 4156, l'esposizione sarà di 2800 s con un $S/N = 50$ nella banda R con fenditura 1.0 e un flusso di $17,7 \text{ mag/arcsec}^2$

Nella configurazione VHR-R (Very High Resolution – Red) vogliamo ottenere una risoluzione dettagliata della regione $H\alpha$ e N II (6300 – 7700 Å) per decomporre con precisione le componenti strette (NLR) da quelle larghe (BLR) della riga $H\alpha$ che ci permetteranno di stimare la massa del buco nero centrale e il tasso di accrescimento. Il tempo di esposizione previsto è di 3600s, più lungo del precedente a causa della maggiore dispersione del grism che riduce il flusso per pixel.

Il rimanente tempo a disposizione della serata osservativa verrà speso per osservare le altre sorgenti: due sorgenti osservate sia con LR-B sia con VHR-R, le rimanenti solo con LR-B in modo da avere un quadro ampio su sorgenti che hanno mostrato gli stessi cambiamenti della sorgente oggetto dell'osservazione.

Tra le sorgenti che abbiamo indicato nel caso in cui ci fossero i tempi a disposizione per poterle osservare, abbiamo NGC 4614 (Lusso 2025) con un flusso apparente di $17,2 \text{ mag/arcsec}^2$, in linea con quello della sorgente oggetto della proposta, e NGC 4151 (Penston 1984, Shapovalova 2008) con un flusso apparente di $14,9 \text{ mag/arcsec}^2$, entrambe osservate con le stesse modalità della sorgente principale. Vi sono inoltre altre due sorgenti più deboli, che hanno mostrato anch'esse transizioni di tipo "changing-look" (Zeltyn 2024, Wu 2022).

9. Elaborazione e interpretazione dei dati osservativi

[descrivere come si intendono analizzare i dati osservativi raccolti durante la campagna al TNG, eventualmente insieme a quelli d'archivio complementari, e interpretare i risultati]

L'analisi dei dati osservativi raccolti sulla sorgente NGC 4156 si concentra sulla caratterizzazione della sua natura di Changing Look AGN, seguendo quanto scoperto nel 2019. Qualora la nostra proposta osservativa venisse selezionata ci faremo sicuramente seguire da un team di esperti, l'ideale sarebbe il team di ricerca che ha già lavorato in passato, per seguire un approccio metodologico ad hoc. Sappiamo che in una prima fase c'è la riduzione e calibrazione dei dati in lunghezza d'onda e flusso e successivamente la modellazione spettrale (Spectral Fitting). Le righe di emissione vengono modellate utilizzando funzioni gaussiane multiple per

distinguere tra componenti strette (NLR) e componenti larghe (BLR), mentre la modellazione del continuo viene solitamente approssimata con una legge di potenza. Al termine di questo lavoro, si confrontano gli spettri del 2019 e del 2022 con i dati ottenuti per monitorare la comparsa o la scomparsa delle righe larghe e le variazioni del flusso del continuo; la presenza delle righe larghe come $H\alpha$, permette di stimare la massa del buco nero. L'obiettivo finale è quello di verificare se il cambiamento di aspetto sia dovuto a variazioni nel tasso di accrescimento del buco nero o a oscuramento variabile da parte di nubi di polvere lungo la linea di vista. Tecniche analoghe possono essere utilizzate per studiare gli spettri delle eventuali sorgenti aggiuntive osservate.

10. Informazioni sui proponenti

[come indicati nella prima fase, Allegato 1]

Scuola: IISS Dell'Aquila-Staffa di Trinitapoli (BT)

Codice meccanografico: BTIS023009

Dirigente Scolastico: Daniele Del Vescovo

Docente di riferimento: Lops Roberto

Indirizzo email del docente di riferimento: herrlops@gmail.com

Partecipante 1: Davide Gazzelloni, 4[^] A

Partecipante 2: Maria Stella Ricco, 4[^] A

Partecipante 3: Dalila Minervini, 4[^] A

Partecipante 4: Aurora Stella, 4[^] L

Partecipante 5: Giuseppe Laserra, 3[^] C

Il mancato rispetto del formato comporterà l'esclusione dal concorso.