

Titolo della proposta

Caratterizzazione spettroscopica a bassa risoluzione di lensed quasar candidates di Gaia DR3 con il TNG.

1. Descrizione in breve della proposta

massimo 500 caratteri

I quasar sono gli oggetti più luminosi e potenti dell'Universo. I lensed quasar si rivelano sorgenti fondamentali per la cosmologia e per spiegare l'origine dell'Universo. Mediante spettroscopia a bassa risoluzione con TNG e Dolores, ci proponiamo di confrontare gli spettri e i redshift z delle singole componenti di lensed quasar candidates della Release Gaia DR3 per studiare ed eventualmente confermare la loro natura di lensed gravitazionale.

2. Strumenti utilizzati

Inserire sotto lo strumento richiesto il numero di ore necessarie per portare a termine la proposta

DOLORES

9

NICS

HARPS-N

3. Vincoli sulle osservazioni

Indicare periodo dell'anno, fase lunare e seeing ideali per il buon esito delle osservazioni

Periodo dell'anno:	Entro marzo/aprile 2024
Fase lunare:	Massimo 7 giorni dalla Luna nuova
Seeing:	1.2"

4. Obiettivi scientifici ed elementi innovativi della proposta.

È possibile inserire grafici o immagini

Tra gli oggetti più luminosi e potenti dell'Universo, i quasar appartengono alla categoria dei nuclei galattici attivi (Active Galactic Nuclei, AGN). Tra i possibili fenomeni che possono innescare l'accensione di un AGN, vi è la collisione con conseguente fusione di due galassie. Durante questo processo le forze gravitazionali spingono enormi quantità di gas verso il buco nero supermassiccio ospitato al centro delle due galassie interagenti. L'accrescimento di materia e gas sul buco nero ha come conseguenza il rilascio di quantità straordinarie di energia sotto forma di radiazione, dando origine a un quasar. I quasar sono oggetti molto variabili e appaiono al telescopio come sorgenti luminose puntiformi. La loro emissione infatti proviene da una regione centrale molto compatta della galassia ospite. I quasar sono spesso soggetti al fenomeno di lensing gravitazionale. I lensed quasar sono sorgenti fondamentali per la cosmologia. Il loro studio può fornire importanti contributi ai modelli cosmologici che cercano di spiegare l'origine dell'Universo.

Il fenomeno del lensing gravitazionale si verifica quando la luce di un oggetto distante, nel nostro caso un quasar, viene deviata dalla presenza di una grande massa, per es. una galassia o un ammasso di galassie, situata lungo la linea di vista tra l'osservatore e l'oggetto. Tale massa intermedia agisce come una lente gigante che amplifica l'emissione luminosa e può produrre immagini multiple della sorgente lontana. Molte informazioni possono essere dedotte dai lensed quasar. In particolare possono aiutarci a sondare le due componenti più enigmatiche dell'Universo: la materia oscura e l'energia oscura. Poiché la luce viene deviata da qualsiasi tipo di massa, possiamo studiare la distribuzione della materia oscura attorno alla "lente" e determinarne la massa. Queste lenti possono anche aiutarci a saperne di più sull'Universo stesso. Possono essere utilizzati come metodo diretto per misurare il tasso di espansione dell'Universo, la costante cosmologica H_0 ; espansione causata da un'ipotetica energia oscura la cui origine è sconosciuta.

La luminosità dei quasar varia col tempo, per cui nei lensed quasar è possibile vedere le diverse immagini con ritardi che dipendono dalle lunghezze dei percorsi adottati dalla luce. Questi ritardi sono direttamente collegati al valore della costante di Hubble.

Dall'ultima release Gaia DR3, pubblicata lo scorso 10 ottobre, abbiamo selezionato una serie di lensing quasar candidates. L'obiettivo scientifico del nostro progetto osservativo è quello di analizzare e confrontare spettroscopicamente le componenti di ogni candidato lensed quasar selezionato, per confermare o meno la sua natura di lensed quasar. Due target tra quelli che abbiamo selezionato, sono ancora più interessanti perché mostrano 3 immagini lensate. Per accertare la natura lensata di questi sistemi, confronteremo tra loro gli spettri corrispondenti alle diverse sorgenti osservate. In caso di lensing gravitazionale, ci aspettiamo lievi differenze tra i vari spettri, dal momento che sono prodotti dalla medesima sorgente. Differenze significative invece indicheranno una diversa origine, come la possibilità che si tratti di quasar distinti ma con redshift diverso oppure che una delle sorgenti osservate sia una stella. Un'altra possibilità molto interessante è che si tratti di quasar in due distinte galassie interagenti.

Per raggiungere il nostro obiettivo scientifico principale, useremo lo spettrografo ottico DOLORES (Device Optimized for the LOw RESolution) del TNG. Si tratta di uno spettrografo a bassa risoluzione costituito da un collimatore, un riduttore di focale e una camera CCD permanentemente installati al fuoco Nasmyth B del TNG. Dolores ci permette di effettuare osservazioni spettroscopiche a Fenditura Lunga e con Potere Risolutivo Spettrale nel range $R_s \sim 500$ $R_s \sim 6000$. Dolores usa una fenditura lunga che attraversa tutto il campo di vista e ci consente di selezionare gli oggetti di cui ottenere lo spettro. Essendo lo strumento in grado di ruotare attorno al proprio asse è sempre possibile scegliere due oggetti da posizionare nella stessa fenditura lunga, che è regolabile in posizione e larghezza con una alta precisione (errori di posizionamento minori di un micron). Lo spettrografo è dotato sia di un prisma (prism) sia di un reticolo (grating), la cui combinazione prende il nome di grism. L'elemento dispersivo in questo caso è il reticolo, mentre il prisma ha il solo compito di riallineare la direzione della lunghezza d'onda centrale dello spettro in uscita nella direzione dell'asse ottico.

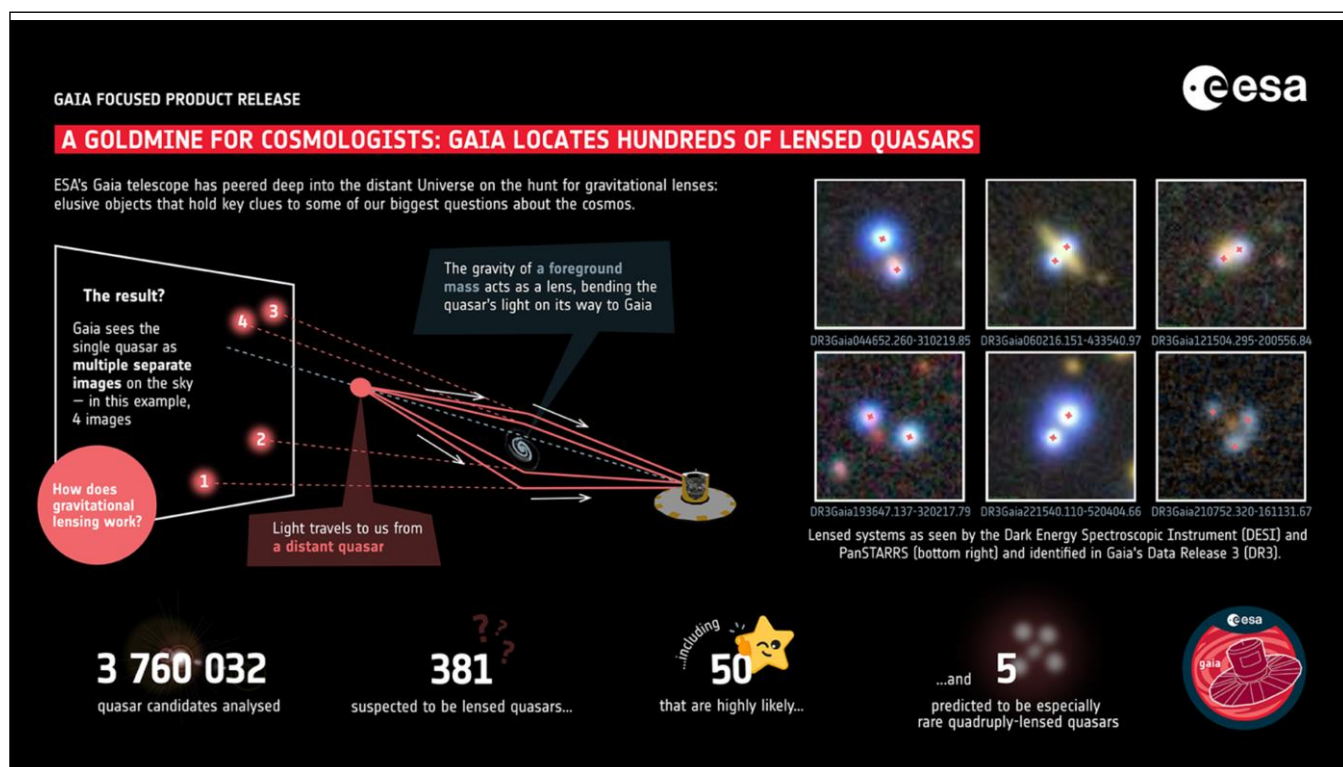


Figura 1) In figura sono riportate le immagini di alcuni lensed quasar candidates identificati in Gaia DR3, la nuova release di Gaia pubblicata il 10 ottobre 2023 e mostrati come visti dalle campagne osservative del Dark Energy Spectroscopic Instrument (DESI) e PanSTARRS.

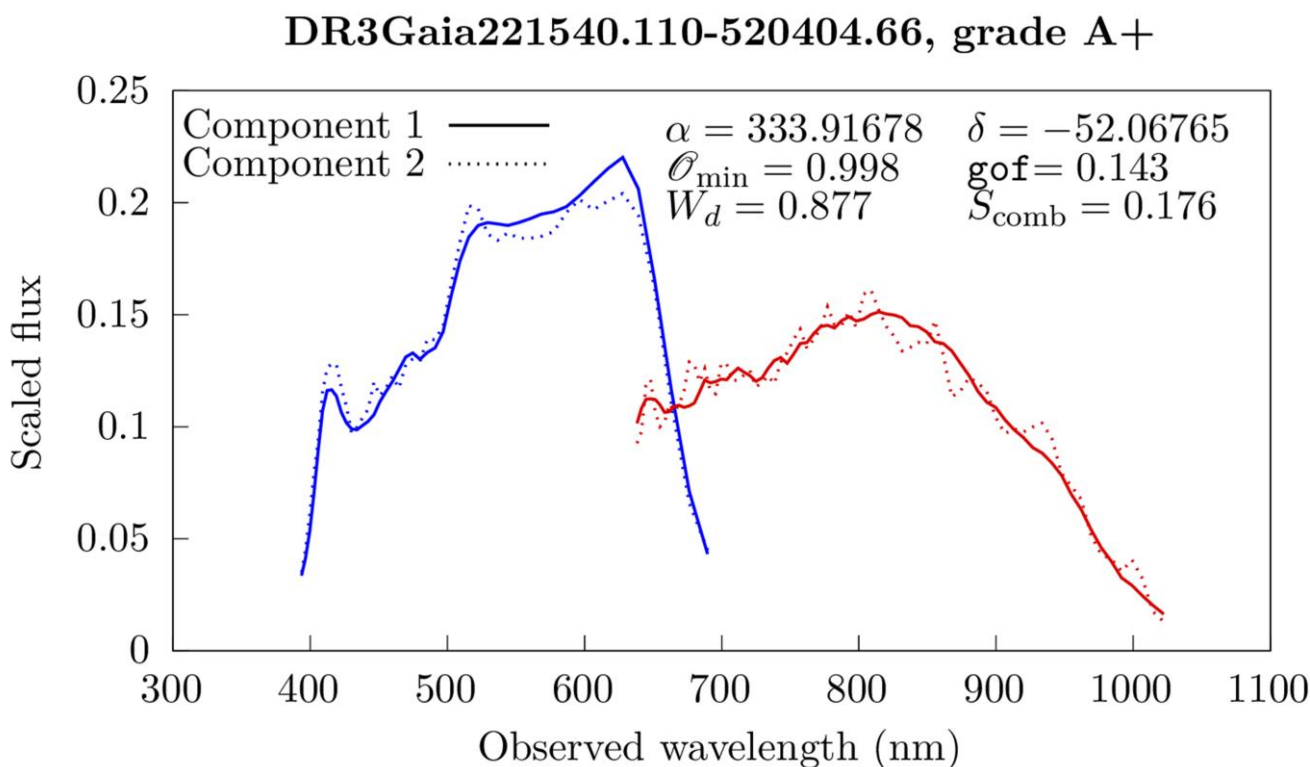


Figura 2) Esempio di spettri che esamineremo. Sono riportati e confrontati gli spettri relativi alle componenti di un tipico lensed quasar candidate.

5. Lista dei target e tempi di esposizione

Indicare il nome dei target, le coordinate ed i tempi di esposizione richiesti su singolo target

Nome	α	δ	Epoca	Magnitudine	Tempo	Note
DR3Gaia170842.333+064614.31	257.1758007	6.7705216	J2000	G=20.7	2500 sec	
DR3Gaia172201.867+201920.75	260.5075498	20.3222709	J2000	G=20.9	4000 sec	
DR3Gaia070020.352+132813.68	105.0851179	13.4707837	J2000	G=19.8	1000 sec	
DR3Gaia124708.184-092332.50	191.7842239	-9.3921238	J2000	G=20.3	1500 sec	
DR3Gaia133741.153-132524.24	204.4217226	-13.4235215	J2000	G=20.3	1500 sec	
DR3Gaia134839.786+002343.29	207.1655325	0.3946152	J2000	G=20.4	2000 sec	
DR3Gaia175323.439+144702.74	268.3482034	14.7845840	J2000	G=20.5	2000 sec	
DR3Gaia172201.867+201920.75	260.5075498	20.3222709	J2000	G=20.9	4000 sec	
DR3Gaia175323.439+144702.74	268.3482034	14.7845840	J2000	G=20.5	2000 sec	

6. Strategia osservativa e calcolo dei tempi di esposizione

Indicare la strategia osservativa ed i tempi di esposizione necessari per portare a termine la proposta

Il primo criterio che abbiamo adottato per la selezione dei target è stata la valutazione di quelli accessibili dal TNG, che sono quelli con Declinazione $\delta > -15^\circ$ e Ascensioni Rette α comprese nel range 7h-18h tali da essere opportunamente osservati entro marzo/aprile 2024, dal Roque de Los Muchachos. Abbiamo applicato ai target una selezione in separazione angolare $>2''$ (ossia >2 arcsec) per le singole componenti per non rischiare che i loro spettri si sovrappongano e ci impediscano di analizzarli singolarmente.

I lensed quasar candidates scelti fanno parte dell'ultima Release, DR3, di Gaia, pubblicata lo scorso 10 ottobre. Dalla consultazione del paper di presentazione e dell'**archivio di Gaia Esa**, abbiamo tratto informazioni sui nostri target. Abbiamo inserito le rispettive coordinate di Ascensione Retta e Declinazione e, a partire da esse, abbiamo effettuato una ricerca delle altre sorgenti Gaia presenti entro un raggio di 5 arcsec, e delle rispettive **magnitudini G**.

Per le osservazioni di ciascun target utilizzeremo lo strumento **Dolores** tramite una **fenditura di 1''** (1 arcsec) e con il **grism LR-B** ottenendo un Potere Risolutivo Spettrale $R_s = 585$ sul range di lunghezze d'onda 3000-8430 Å; la risoluzione è tale da ottenere lo spettro risolto delle nostre sorgenti. Abbiamo scelto la fenditura di 1'' perché è la fenditura più stretta, quindi con miglior risoluzione spettrale. Abbiamo scelto il grism LR-B perché fornisce la più ampia copertura di lunghezze d'onda, dandoci quindi la possibilità di osservare il maggior numero possibile di righe.

Per calcolare i **Tempi di Esposizione** abbiamo utilizzato l'ETC (Calcolatore dei Tempi di Esposizione) per la spettroscopia ed abbiamo inserito i valori per i singoli parametri:

Strumento: Dolores, *Grism:* LR-B, *Source Type:* Point (in quanto sorgente puntiforme), *FWHM* del seeing=1.2'' (è un ragionevolmente pessimista valore di seeing al TNG, che però è compatibile con l'uso della fenditura da 1''), *Slit Width*=1'', *Air Mass*=1.3, *Sky Brightness:* massimo 7 giorni dalla Luna nuova (in questo arco di tempo il cielo è più scuro, c'è meno contaminazione di background da parte della Luna), *Apparent Magnitude*=G (quella riferita alla componente meno luminosa ricavata dall'archivio di Gaia, *Band:* V (perché la più vicina alla G di Gaia), ed abbiamo impostato un rapporto segnale-rumore *Signal-To-Noise* (S/N)=10 per pixel per il target più 'debole'. Tale valore del rapporto S/N è adatto a rilevare il continuo e le principali linee di emissione, nonché classificare l'oggetto e misurare il suo redshift.

Il Calcolatore dei Tempi di Esposizione tiene conto anche della magnitudine del cielo notturno (Sky Brightness), che varia con le fasi lunari, la dispersione e diffusione della luce da parte delle molecole atmosferiche, inquinamento luminoso, air glow, Via Lattea e massimo del ciclo solare, come pure tiene conto dei valori medi del Coefficiente di Estinzione Atmosferica (legato al parametro Air Mass) alle lunghezze d'onda analizzate (l'effetto è maggiore per le frequenze sul blu e minore per quelle sul rosso), che dipende dalla lunghezza del percorso della luce di un oggetto celeste nel passaggio attraverso l'atmosfera terrestre e quindi dalla sua interazione (assorbimento e scattering) con molecole ed aerosol, da cui consegue un'attenuazione di tale luce a mano a mano che ci si allontana dallo zenit. La quantità di aria allo zenit è detta 1airmass e dipende dall'altitudine sul livello del mare; per cui allo zenit l'AirMass=1 mentre, per un oggetto a 30° di altitudine l'AirMass=2; ($\text{AirMass} \sim 1/\sin(\text{alt}^\circ)$).

Il Readout Time, tempo di lettura del CCD per produrre un'immagine, che risulta essere di 25sec in caso di binning 1x1 (full frame), come nel nostro caso. L'intervallo di tempo tra due immagini consecutive sarà uguale o maggiore del tempo richiesto per salvare l'immagine sull'hard disc unito al tempo per controllare la configurazione dello strumento.

La stima degli overhead per il TNG è di 10/15 min.; per cui sommiamo 15 min ai Texp di ciascun oggetto, poi sommiamo tutti i Texp+overhead, aggiungiamo i minuti relativi al Read-out time e al tempi richiesti per salvare l'immagine sull'hard disc e riportiamo il risultato come numero di ore necessarie per portare a termine la proposta per Dolores.

Per la riduzione dei nostri dati, acquisiremo innanzitutto bias e flat frames. Il Bias rappresenta il rumore generato dall'elettronica del CCD; è la combinazione di tutti i rumori generati dalla circuiteria e dai componenti che leggono la carica di ogni pixel, la traducono in voltaggio e la convertono (tramite un convertitore analogico/digitale, ADC) in unità digitali (ADU). Acquisiremo 10 **Bias Frames**, con esposizioni da 0 sec (con obiettivo e otturatore chiusi).

Prenderemo poi **Flat frames**, ossia spettri in cui appaiono tutti i difetti fotometrici prodotti da tutto il sistema ottico e dal sensore, tra cui polvere, eventuale vignettatura, differenza di sensibilità dei fotoelementi (cioè dei pixel). Prenderemo 10 Flat frames con esposizioni da 1 sec adoperando una Lampada Alogena, quindi che emette uno spettro continuo (ovvero senza righe). Il tempo di esposizione è tale da avere il segnale più alto possibile restando in un range che va da 8000 a 3000 ADU (per ridurre il rumore nel Flat); utilizzeremo tali Flat in fase di calibrazione, al fine di eliminare le suddette imperfezioni, ossia per rimuovere gli effetti della non uniforme risposta dei pixel colpiti da luce.

Dato che avremo bisogno di calibrare i nostri spettri anche in lunghezza d'onda (per portare il loro asse x da pixel ad Å) procediamo all'acquisizione, con il telescopio chiuso, dei **Lamp Frames**, cioè spettri ottenuti adoperando Lampade di Calibrazione note, ossia le cui righe spettrali sono note, per cui potremo utilizzarle come riferimento nella fase di analisi dello spettro del nostro oggetto. Tra le lampade di calibrazione in λ disponibili per Dolores relativamente al grism LR-B adoperato, abbiamo Ar, Ne+Hg, Kr, Ar,Ne+Hg,Kr, He. Usiamo la lampada Ar,Ne+Hg,Kr ed effettuiamo 3 esposizioni da 1 sec; poi usiamo la He ed effettuiamo 3 esposizioni da 180 sec.

La Dark Current (corrente di buio) è trascurabile, anche su lunghe esposizioni; (la saturazione avviene a 65535 ADU, corrispondenti a 2^{16} , in quanto il convertitore analogico digitale, ADC, è a 16 bit). La Dark Current è dovuta alla corrente che fluisce all'interno del CCD, legata al rumore termico (agitazione termica degli elettroni degli atomi di silicio di cui è composto il sensore) e viene notevolmente ridotta raffreddando la superficie del CCD; infatti per ogni 6/7 gradi di calo della temperatura il rumore si dimezza. Per tale scopo, il chip viene raffreddato mediante azoto liquido, fino a raggiungere temperature inferiori ai -100°C.

Iniziamo le **Osservazioni**: attuata la messa a fuoco col supporto di un operatore, ci adoperiamo per puntare il target e assicurarci che esso sia presente nel campo di vista del sensore CCD. Per l'osservazione spettroscopica con Dolores, dobbiamo centrare l'oggetto nella fenditura e per facilitare tale operazione partiremo da una sorgente di riferimento abbastanza luminosa posta nei paraggi del nostro target, del quale ci siamo preventivamente tracciati la posizione rispetto a tale sorgente più luminosa; teniamo conto dell'orientazione del campo di Dolores (Nord in alto,

Est a destra). Allineando, poi, la fenditura lungo la linea oggetto-sorgente di riferimento, per esempio ruotando lo strumento ad un angolo di posizionamento che abbiamo opportunamente predeterminato, possiamo centrare velocemente la sorgente di riferimento nella fenditura ed essere sicuri che anche il target sia in essa. Nel nostro caso procediamo a regolare la fenditura in modo da far capitare in essa la coppia di quasar da analizzare spettroscopicamente. La fenditura resta comunque sul piano focale. Due dei nostri target sono ancora più interessanti perché hanno 3 componenti; li osserveremo con due esposizioni ciascuno: una con la fenditura allineata lungo una prima coppia di immagini, l'altra con la fenditura lungo la terza immagine e una di quelle messe nella fenditura nell'esposizione precedente; lasceremo come immagine lensata comune a entrambe le posizioni della fenditura la più debole, in modo che questa la potremo osservare con un tempo di esposizione totale maggiore. Effettueremo le esposizioni con i tempi forniti dal calcolatore dei tempi di esposizione per la spettroscopia (ETC) ottenuti dopo aver inserito i nostri parametri di input, sopra citati, tra cui l'uso della fenditura da 1" ed il grism LR-B.

Prima e/o dopo l'osservazione dei target scientifici, acquisiremo lo spettro di una **Stella Standard Tellurica** che ci servirà nella fase di riduzione al fine di correggere per l'Assorbimento Tellurico. Useremo la stessa stella anche come **Standard Spettrofotometrica** che ci servirà per la Calibrazione in Flusso. Scegliamo quindi, una stella standard con mag circa 13 dal catalogo del **programma di riduzione PypeIt**. Integrando per 1 o 2 minuti a seconda del flusso dall'ETC si può vedere se la stella satura; se non satura il flusso ottenuto va bene. Successivamente i dati acquisiti verranno ridotti mediante appositi software per l'analisi di dati astronomici. Di seguito riassumiamo i principali step della riduzione dati. Cominceremo col calcolare la mediana dei Bias acquisiti ottenendo un master Bias; poi sottraiamo alle immagini spettrali il master Bias così da ridurre il Read-out noise. Faremo la media dei Flat ottenendo un master Flat e infine divideremo le immagini spettrali matematicamente, pixel per pixel, per quella del master Flat, così da rimuovere i difetti fotometrici prodotti da tutto il sistema ottico e dal sensore.

Affinché ogni singolo spettro sia utilizzabile per le misure scientifiche, deve rappresentare il Flusso in funzione della Lunghezza d'Onda λ ; per far ciò eseguiamo la calibrazione in lunghezza d'onda e in flusso di dati. I software di riduzione ripuliscono i dati anche dai raggi cosmici che hanno colpito i pixel del CCD (visibili come tanti puntini bianchi); utilizziamo l'algoritmo che sostituisce il valore anomalo dei pixel colpiti con il valore mediano del cielo circostante.

Alla fine, la procedura provvede all'estrazione dello Spettro Monodimensionale delle sorgenti, individuando dapprima su quali e quante righe o colonne del CCD cade lo spettro (apertura) e poi sottrae allo spettro della sorgente lo Spettro del Cielo (che altrimenti si sarebbe sommato contaminando il flusso del continuo e delle righe della nostra sorgente). Lo spettro ottenuto è però uno Spettro Grezzo, rappresentato da un diagramma conteggi (ADU) in funzione dei pixel. Dobbiamo allora cambiare le unità di misura delle lunghezze d'onda, da pixel ad Angstrom, per cui proseguiamo nella riduzione applicando la **Calibrazione in Lunghezza d'Onda** dello Spettro Monodimensionale estratto. Usiamo gli spettri delle lampade di calibrazione note (lamp frames) che abbiamo precedentemente ottenuto e determiniamo le funzioni di dispersione dei vari spettri, cioè le relazioni tra pixel e lunghezza d'onda in Å, assegnando, quindi, ad ogni colonna di pixel la corrispondente lunghezza d'onda.

Le pipeline di riduzione correggono anche per l'Assorbimento Tellurico dell'Atmosfera, applicando la calibrazione con lo spettro della stella standard tellurica acquisita assieme alle osservazioni scientifiche. Ciò al fine di rimuovere dallo spettro del nostro oggetto le righe telluriche, ossia bande di assorbimento dovute alle molecole di ossigeno O_2 e vapore acqueo in sospensione nell'atmosfera terrestre.

L'ultimo passo della riduzione è la **Calibrazione in Flusso** degli spettri. Per fare ciò si utilizza uno spettro di confronto su una sorgente standard, cioè una sorgente che ha uno spettro conosciuto di flusso noto alle diverse lunghezze d'onda. Usiamo quello della stella tellurica, che abbiamo scelto in modo tale da poter rappresentare anche quello di una stella spettrofotometrica standard.

In questo modo abbiamo calibrato in lunghezza d'onda e in flusso gli spettri degli oggetti, rendendoli analizzabili e pronti per l'estrazione delle conclusioni scientifiche dello studio.

Analizziamo i singoli Spettri Monodimensionali ottenuti. Tramite l'identificazione di alcune righe di emissione più comuni (es. H_{β} , CIV, CIII, MgII, a seconda del redshift dei nostri target), misureremo la differenza di lunghezza d'onda tra le righe di emissione osservate e quelle di riferimento prodotte in laboratorio e calcoleremo il redshift (spostamento verso il rosso) di ogni sorgente usando la formula $z = (\lambda' - \lambda) / \lambda$, dove z è il redshift, λ' è la lunghezza d'onda della riga di emissione osservata, λ è invece la lunghezza d'onda della stessa riga di emissione rilevata però in laboratorio. Quindi, attraverso i dati ricavati dallo spettro dell'oggetto possiamo misurare il valore del redshift ossia lo spostamento verso il rosso delle righe presenti nello spettro, e, grazie a ciò, determinare la sua distanza. Successivamente confronteremo tra loro gli spettri delle singole componenti dei target osservati alla ricerca di similitudini che confermino la natura lensata di questi sistemi, o differenze a supporto di altri scenari. Se gli spettri sono simili confermeremo la sua natura di lensed quasar.

7. Osservazioni di backup nel caso di condizioni meteo non favorevoli

Indicare un'alternativa alla proposta nel caso in cui le condizioni meteo non fossero adatte al tipo di osservazione richiesta.

Nel caso di cielo con seeing non favorevole o con sottili velature adotteremo una fenditura più larga, per es. 1.5" o 2".

In caso di poca turbolenza o di nuvole sparse e passeggiere combiniamo due esposizioni di minor durata.

Riferimenti

1. Krone-Martins A., et al. Gaia Focused Product Release: A catalogue of sources around quasars to search for strongly lensed quasars (2023)
2. Colpi M. Massive Binary Black Holes in Galactic Nuclei and Their Path to Coalescence Space Science Reviews 183, 189 (2014)
3. Volonteri M., Habouzit M., Colpi M. The origins of massive black holes arXiv e-prints arXiv: 2110.10175 (2021)
4. Koss M. J., et al. A population of luminous accreting black holes with hidden mergers, Nature 563, 214 (2018)
5. Lemon C., et al. Gravitationally lensed quasars in Gaia – IV. 150 new lenses, quasar pairs, and projected quasars (2022)
6. Mannucci F., et al (2022), Unveiling the population of dual- and lensed- AGNs at sub-arcsec separations
7. Schechter P. L., et al. First Lensed Quasar Systems from the VST-ATLAS Survey: One Quad, Two Doubles, and Two Pairs of Lensless Twins, ApJ 153, 219 (2017)
8. Amante M. H., et al. Testing dark energy models with a new sample of strong-lensing systems MNRAS 498, 6013 (2020)
9. Goicoechea L. J., Shalyapin V. N. Gravitational Lens System PS J0147+4630 (Andromedas Parachute): Main Lensing Galaxy and Optical Variability of the Quasar Images, ApJ 887, 126 (2019)
10. Delchambre L. Determination of astrophysical parameters of quasars within the Gaia mission, MNRAS 473, 1785 (2018)
11. Mannucci F., et al. (2023), GMP-selected dual and lensed AGNs: selection function and Classification based on near-IR colors and resolved spectra from VLT/ERIS, KECK/OSIRIS, and LBT/LUCI

Link utili alla preparazione del progetto:

<https://www.tng.iac.es/>

https://www.tng.iac.es/instruments/telescope_description.html

<https://www.tng.iac.es/instruments/lrs/>

<https://www.tng.iac.es/instruments/nics/>

<https://www.tng.iac.es/instruments/harps/>

Per qualunque dubbio scrivere a dydat@tng.iac.es

7. Informazioni sui proponenti

Scuole coinvolte nel progetto

Istituto d'Istruzione Superiore Telesi@

Liceo Scientifico e Liceo Scientifico delle Scienze Applicate

Via Caio Ponzio Telesino, 26 - 82037 Teles Terme (BN)

Tel. 0824 976246 bnis00200t@istruzione.it

Partecipanti al progetto

- **Studente: Annalisa Vitelli**
Scuola: Liceo Scientifico – Istituto d’Istruzione Superiore Telesi@ - Telese Terme (BN)
Docente Referente: Antonio Pepe
Dirigente Scolastico: Angela Maria Pelosi
Indirizzo email di contatto: antonio.pepe1@tin.it
- **Studente: Chiara Izzo**
Scuola: Liceo Scientifico – Istituto d’Istruzione Superiore Telesi@ - Telese Terme (BN)
Docente Referente: Antonio Pepe
Dirigente Scolastico: Angela Maria Pelosi
Indirizzo email di contatto: antonio.pepe1@tin.it
- **Studente: Emanuele Morone**
Scuola: Liceo Scientifico delle Scienze Applicate - Istituto d’Istruzione Superiore Telesi@ - Telese Terme (BN)
Docente Referente: Antonio Pepe
Dirigente Scolastico: Angela Maria Pelosi
Indirizzo email di contatto: antonio.pepe1@tin.it
- **Studente: Leonardo Karol Iaquinto**
Scuola: Liceo Scientifico delle Scienze Applicate - Istituto d’Istruzione Superiore Telesi@ - Telese Terme (BN)
Docente Referente: Antonio Pepe
Dirigente Scolastico: Angela Maria Pelosi
Indirizzo email di contatto: antonio.pepe1@tin.it
- **Studente: Fabio Pascale**
Scuola: Liceo Scientifico delle Scienze Applicate - Istituto d’Istruzione Superiore Telesi@ - Telese Terme (BN)
Docente Referente: Antonio Pepe
Dirigente Scolastico: Angela Maria Pelosi
Indirizzo email di contatto: antonio.pepe1@tin.it
- **Studente: Italo Grasso**
Scuola: Liceo Scientifico – Istituto d’Istruzione Superiore Telesi@ - Telese Terme (BN)
Docente Referente: Antonio Pepe
Dirigente Scolastico: Angela Maria Pelosi
Indirizzo email di contatto: antonio.pepe1@tin.it