



Astrofisica @ Bicocca
astro.fisica.unimib.it

Docenti: Alejandro Benitez Llambay, Matteo Bonetti, Sebastiano Cantalupo, Monica Colpi, Massimo Dotti, Matteo Fossati, Michele Fumagalli, Davide Gerosa, Massimo Gervasi, Piero Madau, Federico Nati, Alberto Sesana, Mario Zannoni

E inoltre, circa 20 Postdocs ed altrettanti PhD Students

Gli uffici sono al secondo piano di U2 e al terzo piano di U1 (dopo il ponte, venendo da U2)

Aree di ricerca: Onde Gravitazionali (sorgenti e osservabilità), Galassie ad alto redshift, Cosmologia Sperimentale (CMB), Raggi Cosmici



Alejandro Benítez-Llambay
<https://alejandrobll.github.io>
alejandro.benitezllambay@unimib.it
U2-2009 (Secondo piano U2)

Cosmologia e Astrofisica Numerica

Area di ricerca principale: Formazione ed evoluzione delle galassie

Studio numerico e teorico di diversi problemi sulla formazione ed evoluzione delle galassie, utilizzando simulazioni numeriche idrodinamiche in un contesto cosmologico. Confrontiamo i risultati numerici con le osservazioni per vincolare la natura della materia oscura.

Esempi di domande alla base di tesine:

- Come si formano le galassie, particolarmente le galassie nane?
- Come le galassie influenzano i loro aloni di materia oscura?
- Come possiamo vincolare la natura della materia oscura attraverso le osservazioni delle galassie nane e le galassie satellite della Via Lattea?
- Come possiamo falsificare il nostro modello cosmologico?

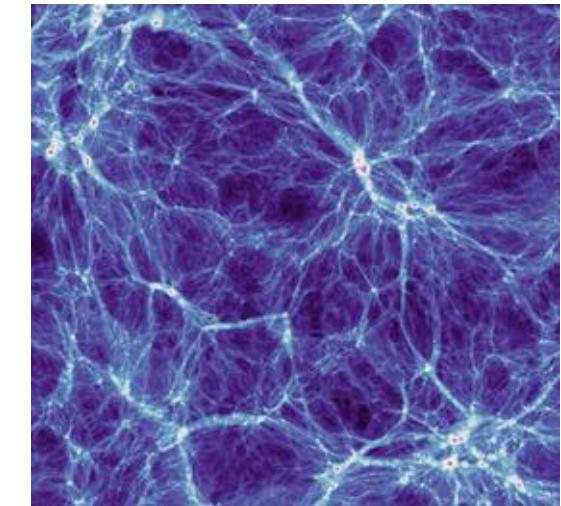
Esempi di lavoro di tesi:

- Uso di codici numerici idrodinamici per simulare le galassie.
- Coding in Python / C / C++.
- Confrontare i risultati con la letteratura esistente.
- Confrontare le osservazioni astronomiche con i risultati di simulazioni numeriche.

Esempi di simulazioni numeriche fatte da noi in High Performance Computing (HPC) centres:

<https://colibre.strw.leidenuniv.nl>

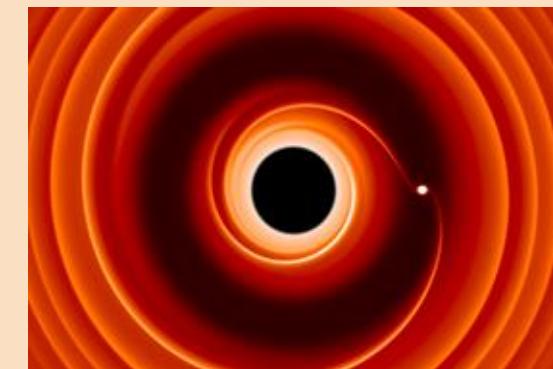
The COLIBRE project
Cosmological hydrodynamical simulations of galaxy formation and evolution



Dinamica dei Dischi e Calcolo GPGPU

Se i vostri interessi vertono sulla dinamica dei dischi protoplanetari e su scale più piccole, offre anche l'opportunità di svolgere tesi guidate scientificamente da colleghi di istituti esteri. I progetti si basano su simulazioni idrodinamiche avanzate su architetture GPGPU, permettendovi di acquisire competenze di calcolo parallelo e di inserirvi direttamente in una rete di ricerca internazionale.

- Utilizzo del codice FARGO3D su cluster grafici.
- Studio di instabilità e formazione di gap/spirali.
- Calcolo parallelo (CUDA/C), Python e visualizzazione dati.
- Possibilità di progetti con esperti sviluppatori del codice.



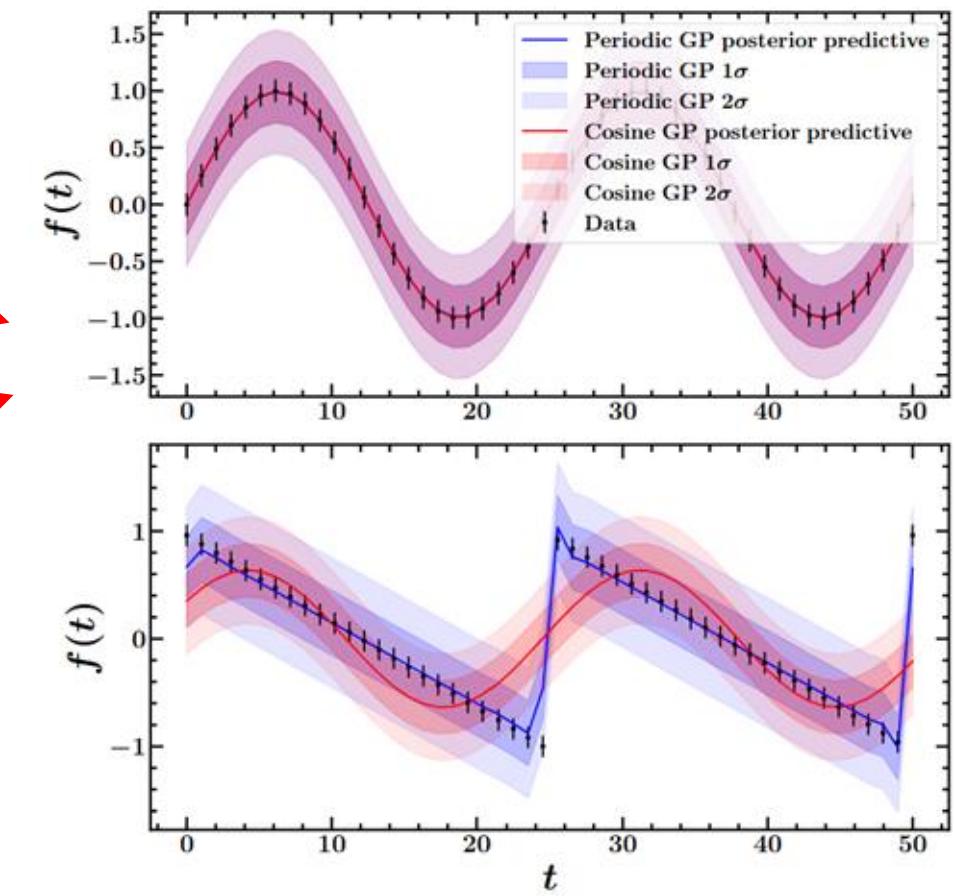
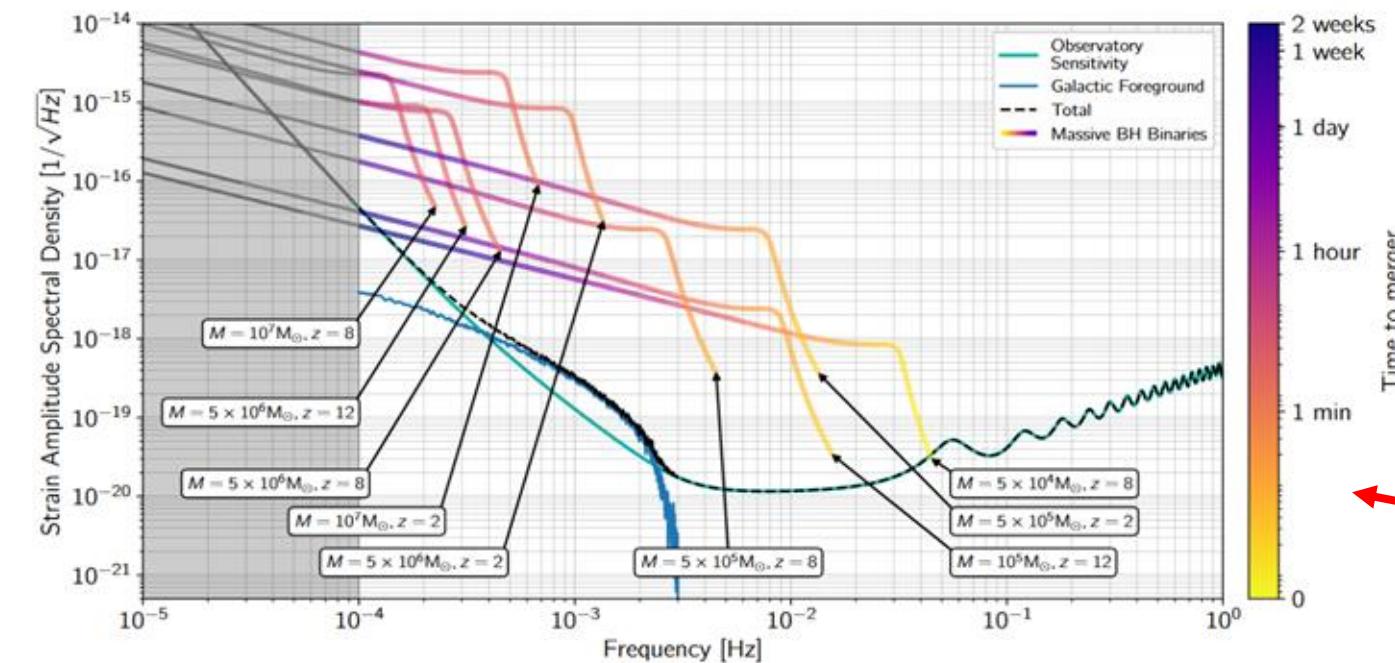


Dotti: Massive black hole binaries (MBHBs) in electromagnetic and gravitational waves

Topics:

Are there peculiar features identifying MBHBs in large photometric and spectroscopic binaries?

Are the currently proposed techniques flexible and effective in finding them?



Can we spot and pinpoint MBHBs in GW data days/weeks before they coalesce?



Sebastiano Cantalupo

sebastiano.cantalupo@unimib.it

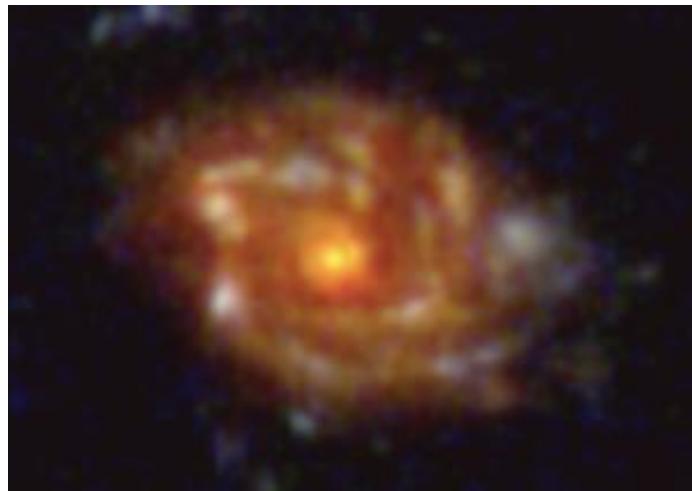
*Nodi massicci della Cosmic Web ad alto redshift:
laboratori cosmici di formazione ed evoluzione delle
galassie e dei quasars*

Come si formano ed evolvono le galassie più grandi e massicce dell'universo?

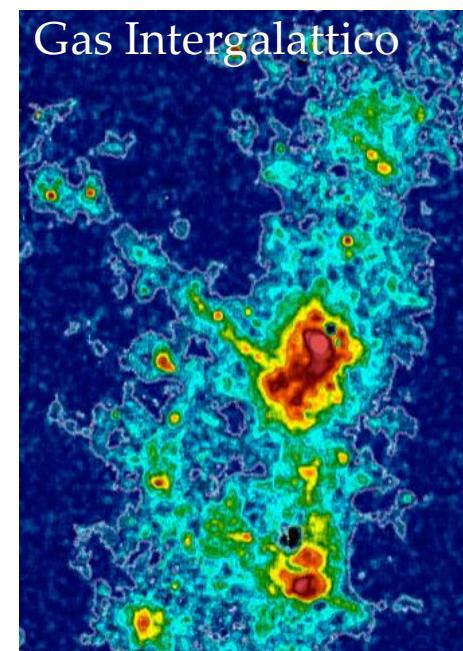
Cosa ne determina la morfologia e le proprietà fisiche?

Come si formano ed evolvono i buchi neri supermassicci associati a queste galassie?

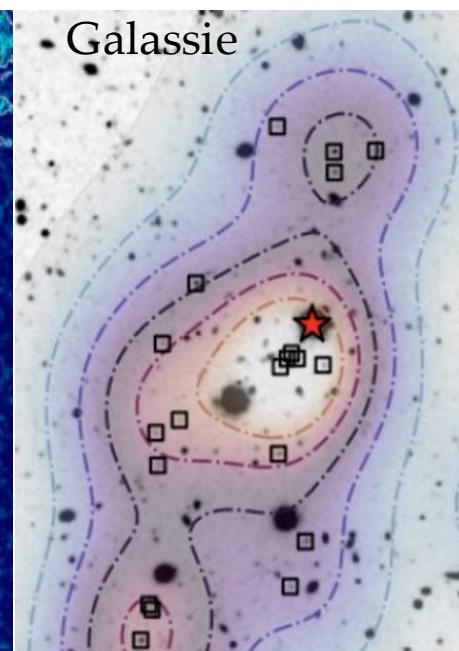
- Per investigare queste domande il nostro gruppo scopre ed utilizza particolari regioni dell'universo lontano, i "Cosmic Web Nodes", che contengono una grande concentrazione di galassie e quasars che "illuminano" i filamenti cosmici.
- Metodologia: osservazioni multi-banda di galassie e dei filamenti di gas, dall'X-ray (CHANDRA), all'ottico (VLT), dall'infrarosso (JWST), al sub-mm (ALMA), complementate da simulazioni numeriche ottenute con supercomputers.



La galassia "Big Wheel", la più grande galassia a disco già formata nei primi 2 miliardi di anni dell'universo, scoperta dal nostro gruppo con il telescopio spaziale JWST in un "Cosmic Web Node" e la cui origine è ancora misteriosa.



Gas Intergalattico



Galassie

Il nodo più massiccio della Cosmic Web scoperto dal nostro gruppo ad alto redshift visibile sia nel gas (a sinistra) e sia nelle distribuzioni delle galassie (a destra; quadrati e contorni). Questa regione contiene anche uno dei quasars più luminosi dell'universo (indicato da una stella) e la più grande concentrazione di galassie e buchi neri supermassicci attivi, insieme a molte altre sorprese e ... *spazio per le vostre esplorazioni!*

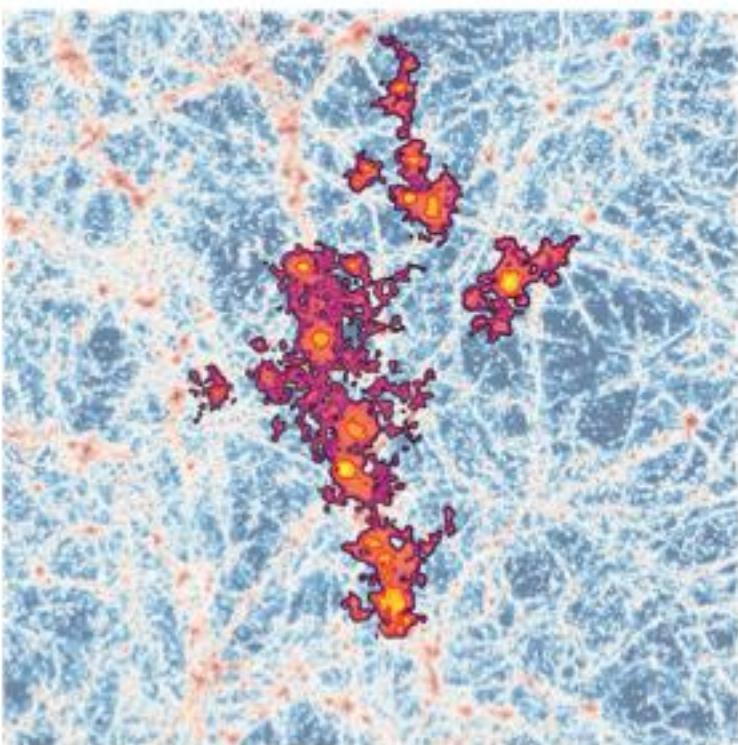


Come si formano ed evolvono le galassie all'interno delle strutture cosmiche?

Matteo Fossati, Michele Fumagalli

Area di ricerca principale: evoluzione delle galassie in funzione del gas circostante in varie strutture cosmiche

Strumenti: I più grandi telescopi a terra e nello spazio, e simulazioni con supercomputer



Una galassia con la scia: emissione stellare (a sinistra) e gas ionizzato (a destra) strappato da una galassia durante la sua caduta in un ammasso di galassie. Osservazioni spettroscopiche 3D ad alta risoluzione ci permettono di studiare l'efficienza di questi fenomeni e il loro impatto sull'evoluzione delle galassie

Le più dettagliate immagini di filamenti cosmici nell'Universo giovane, sovrapposte a previsioni del modello cosmologico cold-dark-matter. Sfruttando le osservazioni più profonde mai ottenute di gas diffuso al di fuori delle galassie, stiamo mappando con dettagli inediti come le galassie si formano ed evolvono in funzione del gas disponibile nell'ambiente circostante.

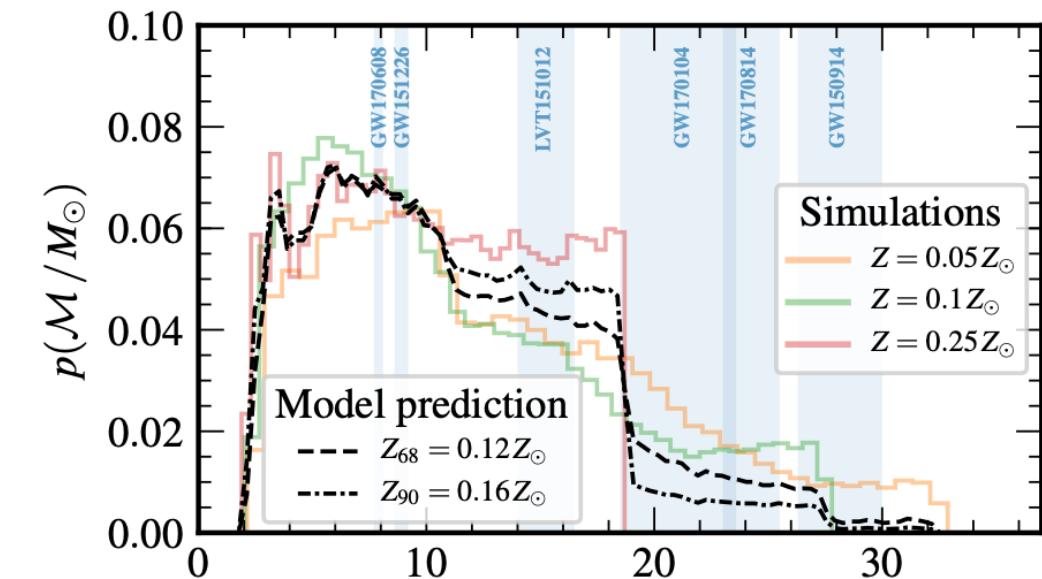
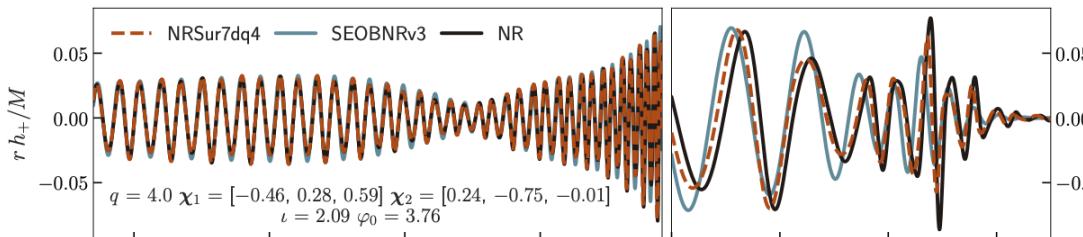


Davide Gerosa: gravitational-wave phenomenology and data exploitation

- How do black-hole binaries form and get together?
- What's their gravitational-wave emission pattern?
- What are current LIGO data (not) telling us?
How do we get that information out?

Several projects available:

- **Astrophysical** modeling of GW sources
- **Theoretical** calculations in relativistic dynamics
- **Computational** applications to BH physics
- **Data analysis** for LIGO and LISA
- **Machine learning** tools



Please get in touch! Always M/M_\odot happy to design a project that works *for you*

How to find me:

office 2007 in U2, 2nd floor
davide.gerosa@unimib.it

More about my group and my research:
www.davidegerosa.com

Space Particle Radiation

Il gruppo di astroparticelle cariche di Bicocca, in collaborazione con *INFN* e *ASI*, si occupa dello studio della radiazione spaziale attraverso un approccio variegato che include la modellizzazione dei processi fisici nel plasma interplanetario, l'analisi *in-situ* da rivelatori nello spazio e il trasferimento tecnologico verso l'industria aereospaziale.



ASTROPART_MIB

Info & Contatti:

- Prof. Gervasi – Uo1, Piano: 3, Stanza: 3044 - massimo.gervasi@unimib.it
Dott. Della Torre – Uo2, Piano: 3, Stanza 3008 - stefano.dellatorre@mib.infn.it
Dott. Grandi – Uo2, Piano: 3, Stanza 3006 - davide.grandi@mib.infn.it
Dott. La Vacca – Uo2, Piano: 3, Stanza 3006 - giuseppe.lavacca@mib.infn.it

Tesi Triennali e Magistrali

Simulazione dell'Eliosfera

- Equazione di Propagazione nel mezzo interplanetario
- GPU Parallel computing
- Struttura tridimensionale dell'eliosfera
- Space Weather Forecast

Modellistica

- Inferenza dello spettro locale interstellare
- Solar Energetic Particles
- impatto dei raggi cosmici sui rivelatori a microonde (LiteBIRD)

Tecnologie per lo spazio (ASIF)

- Sviluppo calcolatori di fluenza e dose NIEL per la progettazione di componenti spaziali
- Analisi celle solari
- Single Event Effect per una missione spaziale nel *deep space*

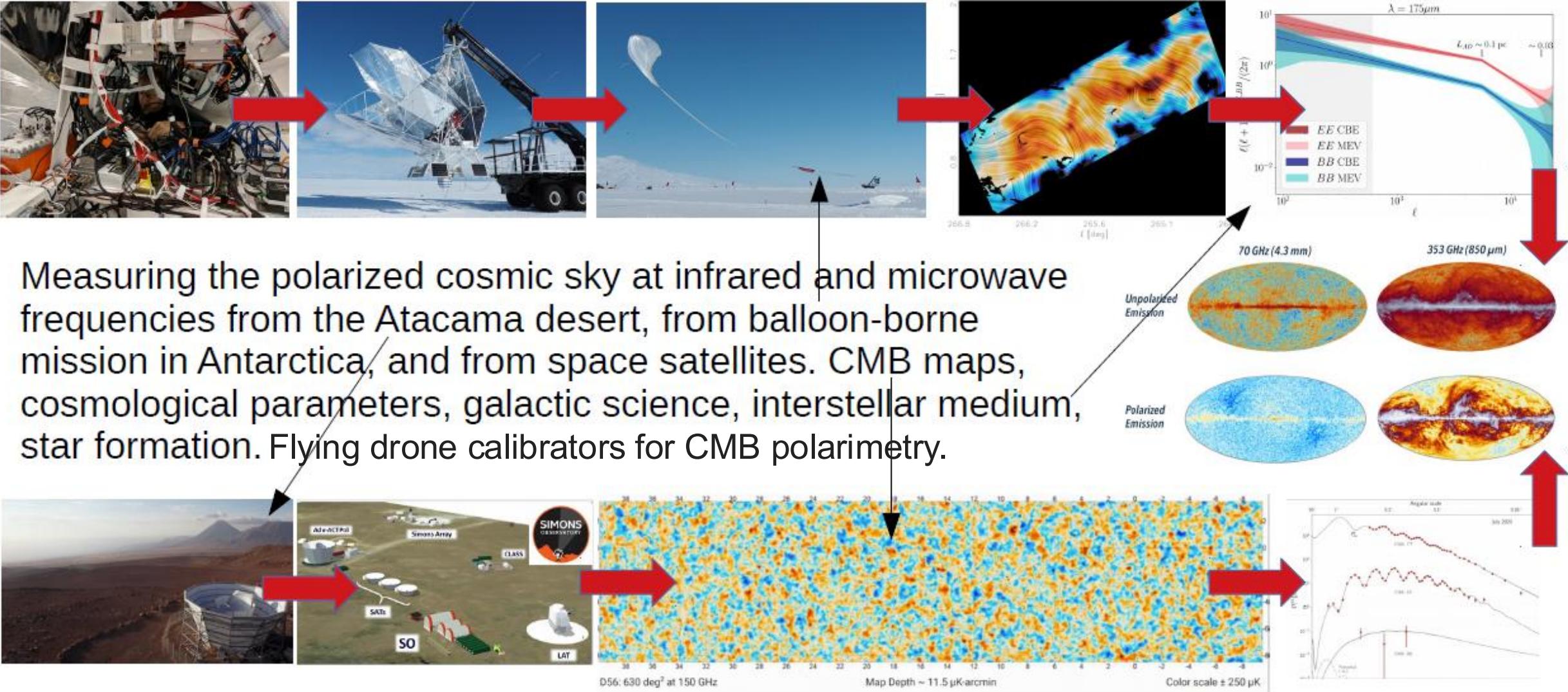
Analisi Dati spaziali (AMS-02)

- Misurazione del flusso di raggi cosmici alla stazione spaziale internazionale
- Monitoraggio Eventi solari e nowcast dell'attività solare



Federico Nati
federico.nati@unimib.it
www.federiconati.it

Tesine triennali su **esperimenti di cosmologia, scienza galattica e formazione stellare**. Tecniche sperimentali, simulazione e anali dati, modelli e parametri cosmologici. Esempi di titoli: Calibration Methods For **Simons Observatory**; Polarization angle calibrators for Cosmic Microwave Background detectors; Galactic Foreground contamination to CMB polarization measurements; Simulations of polarized maps from interstellar medium with **Blast-TNG**; Can Cosmic Inflation be falsified?



Alberto Sesana: massive black hole astrophysics and gravitational waves



Research topics:

- .Cosmological formation and evolution of massive black holes (MBHs)
- .Dynamics of MBHs in dense nuclei: tidal disruption events (**TDEs**) and extreme mass ratio inspirals (**EMRIs**)
- .Dynamical evolution of MBH binaries (**MBHBs**)
- .Gravitational wave (GW) emission from MBHBs and EMRIs
- .GW detection with space based interferometers (**LISA**) and pulsar timing arrays (**PTAs**)

Thesis project examples

PTA data analysis:

The student will use algorithms developed in our group to assess the capabilities of PTAs to identify and characterize individual MBHBs

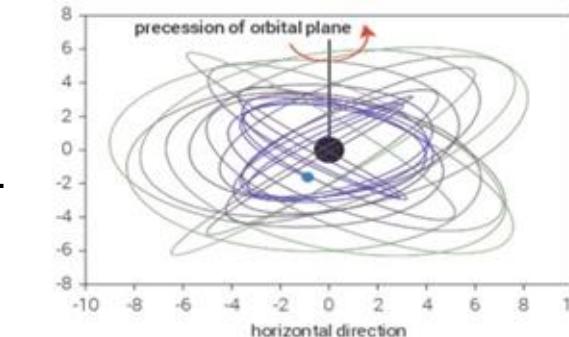
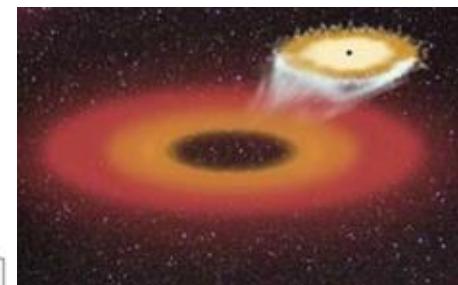
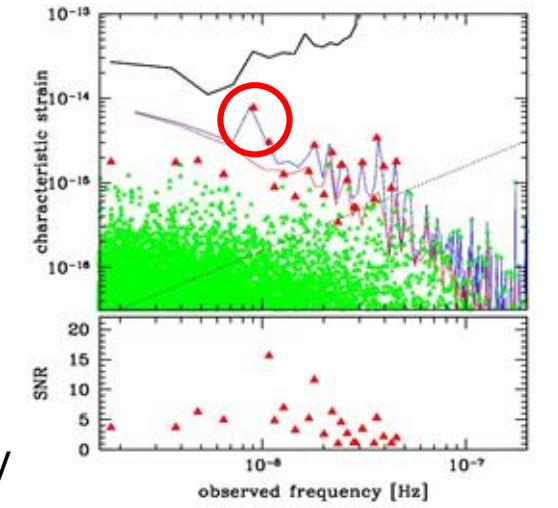
MBH-less elliptical galaxies:

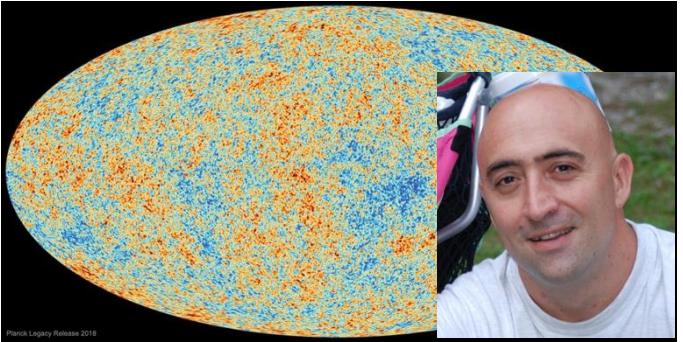
when a MBHB merges, the GW recoil can expel the remnant from the galaxy. Therefore, massive galaxies without a central MBH should exist.

The student will quantify this by studying the MBH population generated by the L-Galaxies semianalytic model for galaxy evolution.

EMRI rates in the Galactic center:

Our galaxy hosts a MBH of 4 million solar masses in a dense environment. The student will use the Fokker Planck code *Caronte* to study EMRI rates from the galactic center.





Mario Zannoni

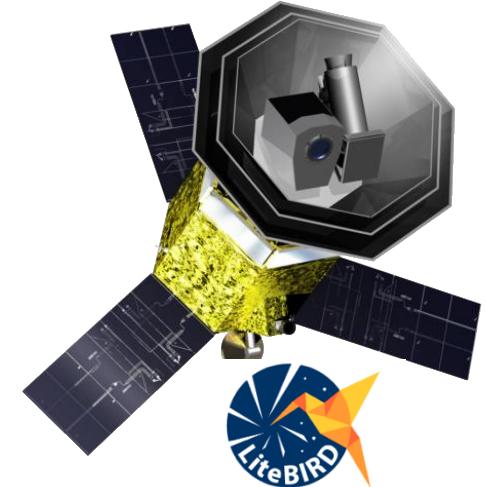
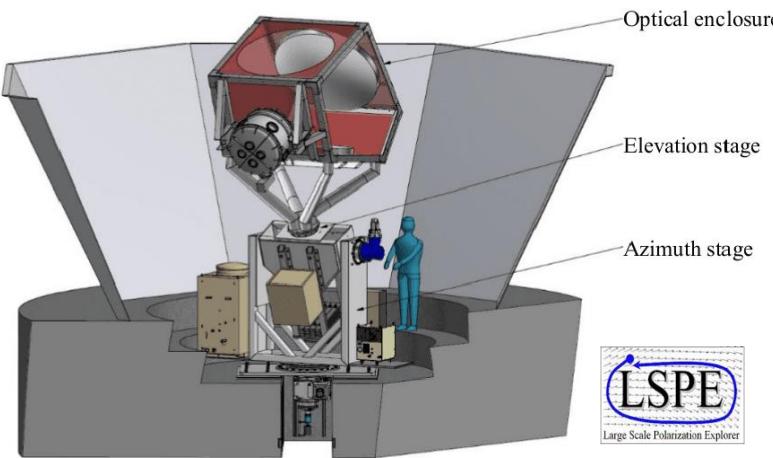
Ed. U1 3p stanza 3043

Email: mario.zannoni@unmib.it

Tel. 0264482379

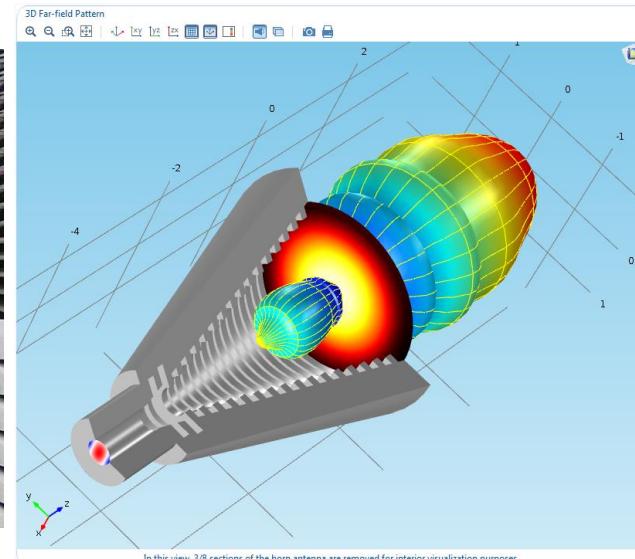
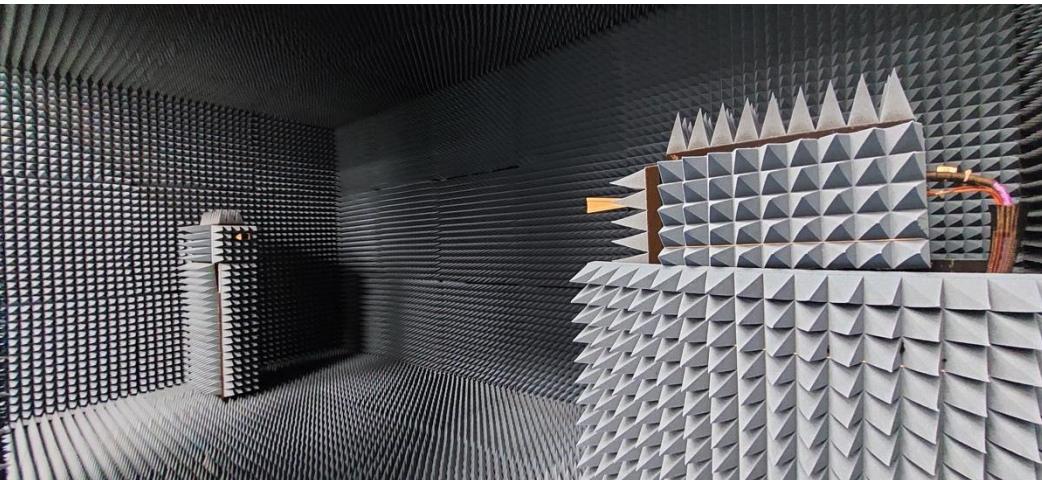
Area di Ricerca principale: Fondo Cosmico di Microonde (CMB)

Sviluppo di strumentazione di piano focale per la misura della componente polarizzata della CMB e per la ricerca di distorsioni spettrali (esperimento LiteBIRD, QUBIC, Simons Observatory, LSPE-STRIP, COSMO).



Esempi di possibili tesi triennali

- Verifica in laboratorio delle funzionalità di componenti di radiometri per microonde
- Test di dispositivi per la calibrazione dei polarimetri per lo studio del CMB
- Analisi delle sistematiche dei polarimetri per microonde





High-Energy Astrophysics Group INAF - Osservatorio Astronomico di Brera (Milano e Merate)



Descrizione dettagliata
possibili progetti

Gamma Ray Bursts

Brevi episodi di emissione estremamente variabile e luminosa nei raggi X/gamma, associata al collasso di particolari stelle massicce o allo scontro di due stelle di neutroni (possiamo osservare anche il segnale gravitazionale prodotto)

Getto di plasma in moto altamente relativistico → differenti processi dissipano l'energia del plasma per trasformarla in radiazione.

Molto luminosi: si possono vedere da molto lontano → prodotti quando l'Universo era molto giovane!

G. Ghirlanda



L. Nava

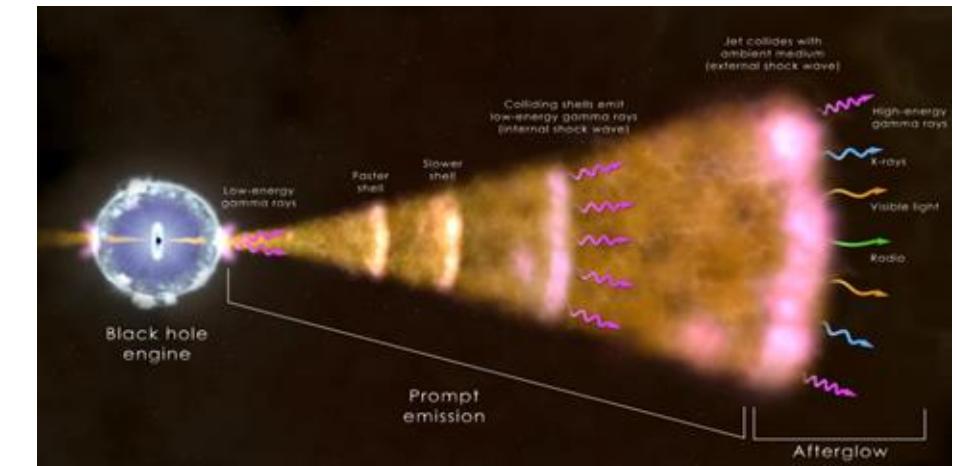


O.S. Salafia



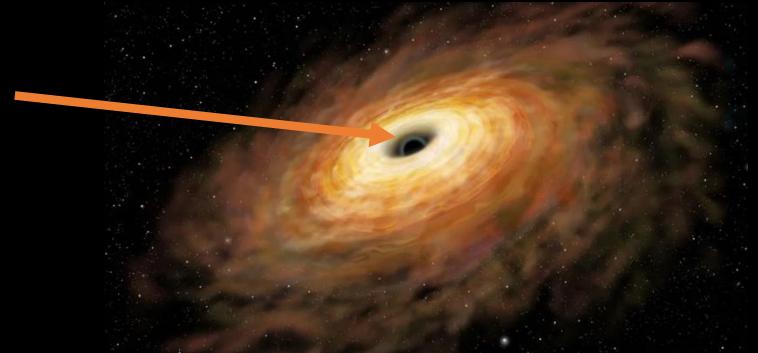
Esempi di possibili tesine sui GRB

- capire le proprietà delle particelle (elettroni relativistici) che producono i raggi gamma
- sviluppo di metodi semi-analitici per il calcolo degli spettri di emissione
- esplorare la possibile origine dei GRB da binarie di stelle massicce



AGN DUALI e BINARI - INAF - Osservatorio Astronomico di Brera (Milano e Merate)

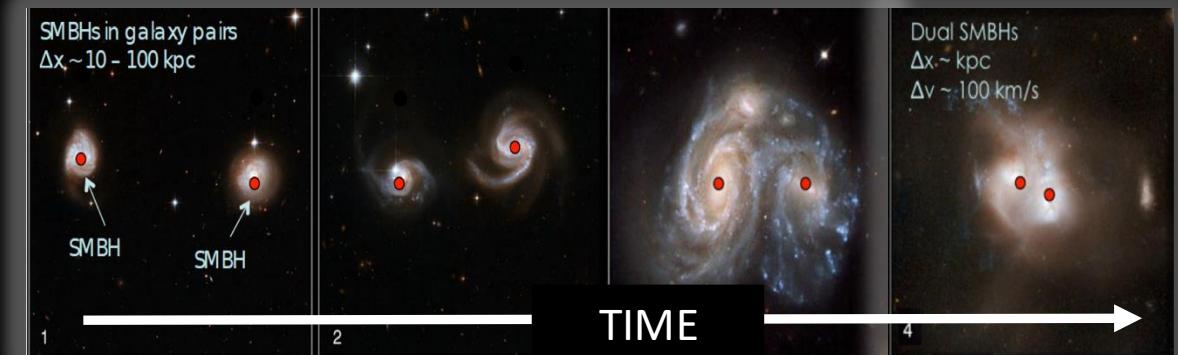
Le galassie massicce ospitano un **buco nero supermassiccio (SMBH)** al centro.



Secondo l'attuale paradigma cosmologico, le galassie crescono principalmente attraverso processi di fusione (merger).

Durante i processi di merger tra galassie, l'accrescimento di gas su entrambi i SMBHs può innescare una fase di attività nucleare, osservabile come un sistema di due **AGN (Active Galactic Nucleus) DUALI** a separazioni relative dai kpc al sub-kpc.

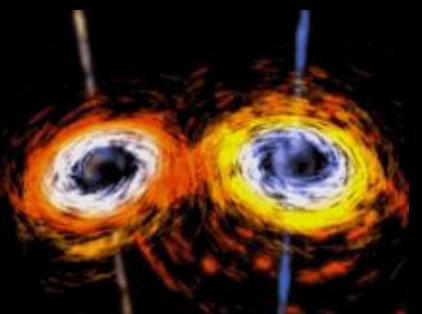
Con il progredire dell'interazione, i due SMBHs si avvicinano fino a formare un sistema di **AGN gravitazionalmente legati tra di loro, i cosiddetti AGN BINARI** (separazioni pc/sub-pc).



AGN binari

Perché sono importanti?

- Permettono di studiare la formazione e l'evoluzione dei SMBHs
- I sistemi binari di SMBHs sono tra le sorgenti più potenti di onde gravitazionali a basse frequenze, risultando fondamentali per esperimenti per le onde gravitazionali come PTA, LISA, LGWA ed ET, a seconda dell'intervallo di massa dei buchi neri



AGN DUALI e BINARI - INAF - Osservatorio Astronomico di Brera (Milano e Merate)

Possibili tesine:

- ❖ Ricerca di candidati AGN duali in galassie in merger attraverso analisi fotometrica e/o spettroscopica nella banda ottica e/o X
- ❖ Studio delle proprietà fisiche degli AGN in sistemi interagenti (stima di luminosità, assorbimento e massa del buco nero, confronto tra galassie isolate e galassie in merger)
- ❖ Identificazione di possibili firme di AGN binari
- ❖ Confronto tra osservazioni e modelli di AGN duali/binari



**Descrizione dettagliata
possibili progetti**

Paola Severgnini



paola.severgnini@inaf.it

Jasbir Singh



jasbir.singh@inaf.it

Fabio Rigamonti



fabio.rigamonti@inaf.it

Roberto Della Ceca



roberto.dellaceca@inaf.it