



SAPIENZA
UNIVERSITA DI ROMA

Laurea Magistrale in Astronomia e Astrofisica

Le attività di ricerca nel Dipartimento di Fisica

Prof. Francesco Piacentini

12/07/2023



Fisica ↔ Astrofisica

La fisica è fondamentale per comprendere i processi astrofisici.

- Tutte le stelle 'funzionano' grazie alla meccanica quantistica.
- Nane bianche e stelle di neutroni si basano sul principio di esclusione di Pauli.
- La formazione degli elementi primordiali dipende dalla fisica nucleare.
- Quasi tutta la materia conosciuta in astrofisica è sotto forma di plasma. La fisica dei plasmi è quindi fondamentale!

Grazie all'astrofisica possiamo verificare e falsificare teorie fisiche.

- Ad esempio: la finitezza della velocità della luce, il numero di specie di neutrini e il fatto che siano massivi sono tutte scoperte avvenute prima in astrofisica che in laboratorio.
- L'universo è un laboratorio eccezionale per la teoria della gravità
- Ad oggi la cosmologia e l'astrofisica sono gli unici settori della fisica moderna dove vi sia evidenza per fisica oltre al modello standard di fisica delle particelle.

Articoli scientifici in Astrofisica, divisi per sottocategoria

astro-ph.CO (Cosmology and Nongalactic Astrophysics)

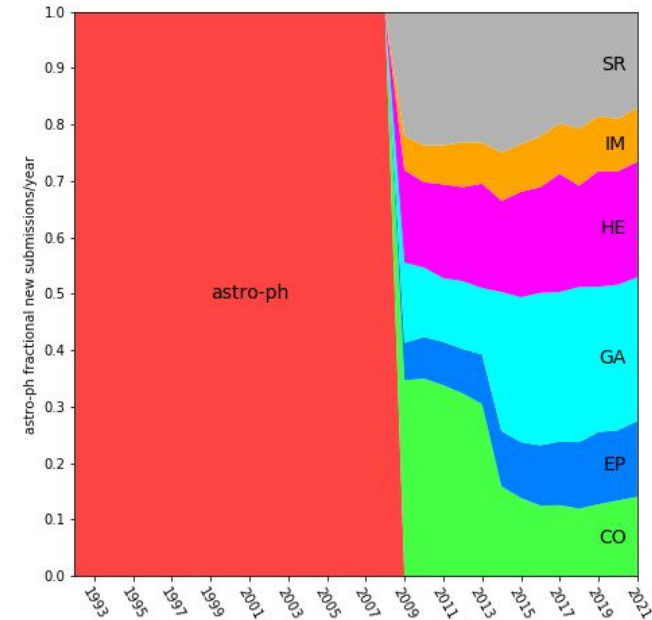
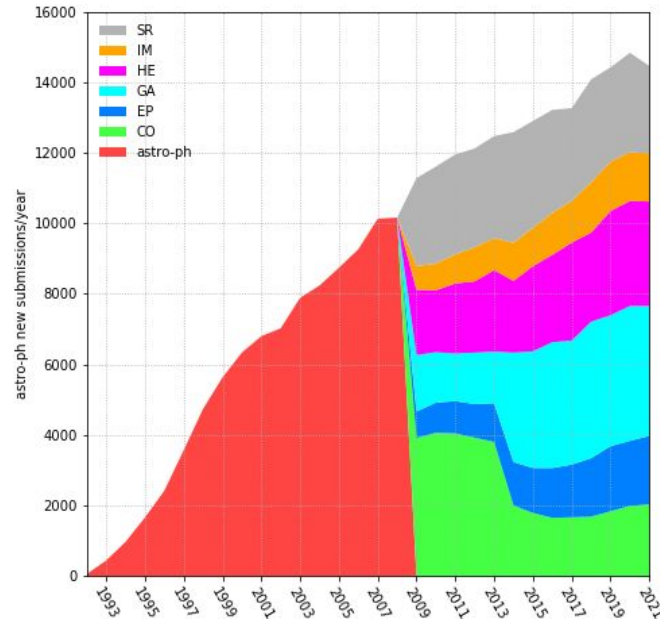
astro-ph.EP (Earth and Planetary Astrophysics)

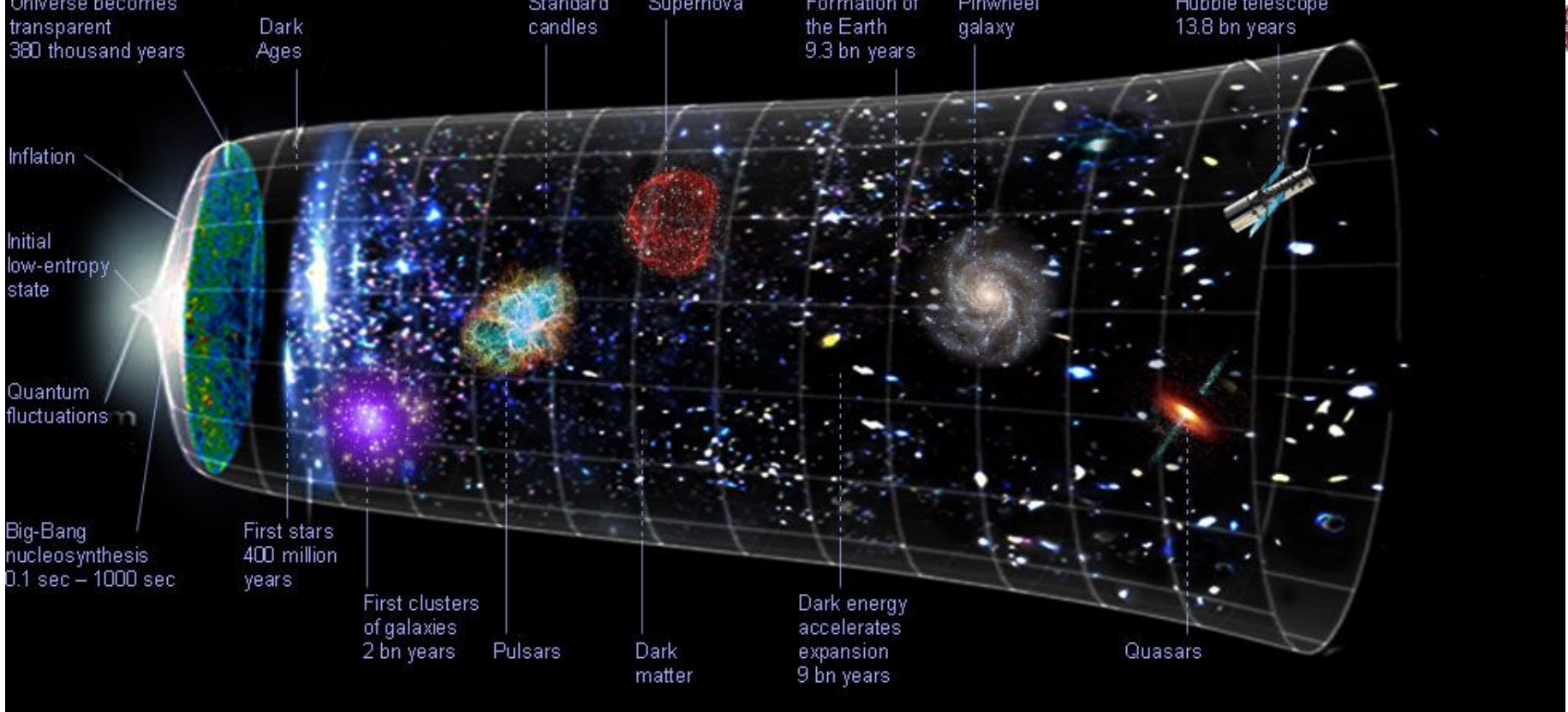
astro-ph.GA (Astrophysics of Galaxies)

astro-ph.HE (High Energy Astrophysical Phenomena)

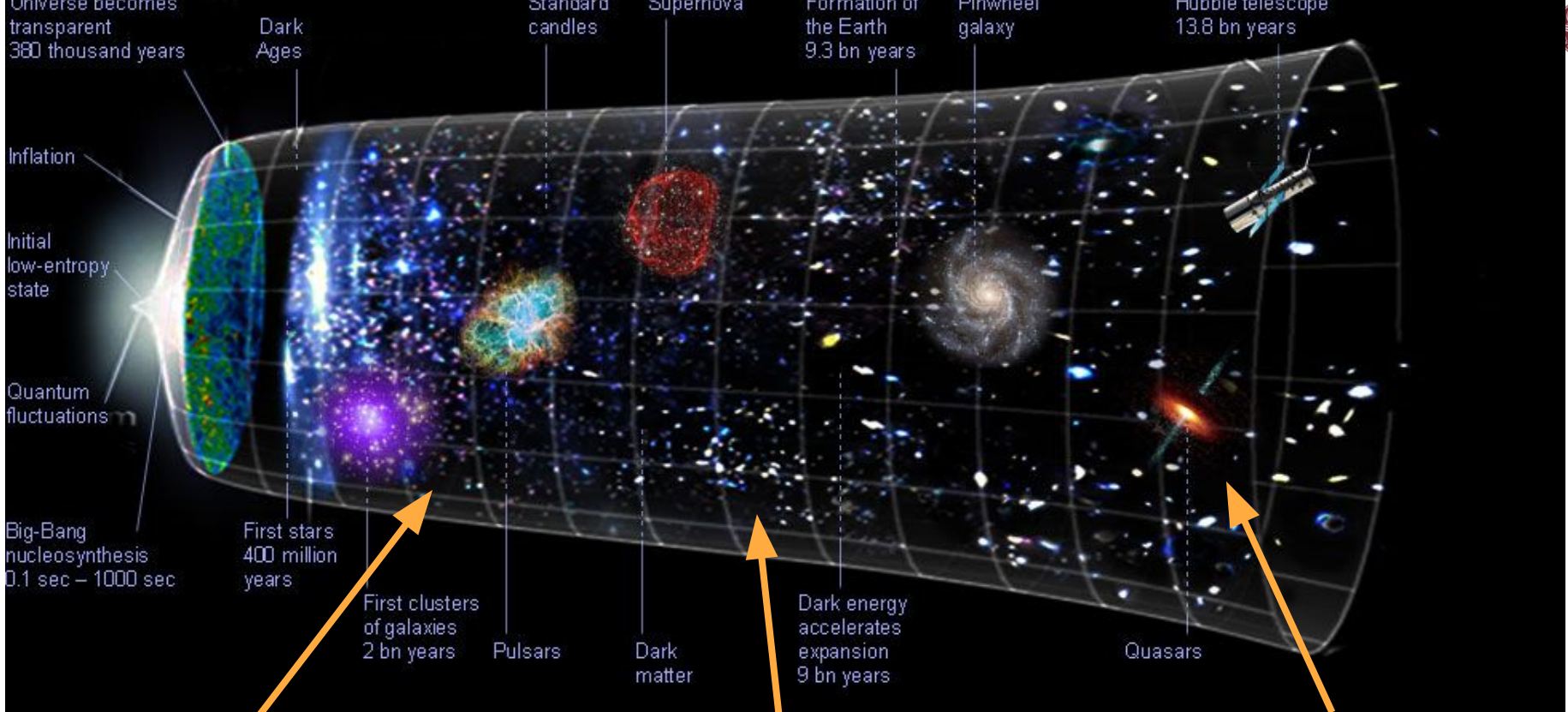
astro-ph.IM (Instrumentation and Methods for Astrophysics)

astro-ph.SR (Solar and Stellar Astrophysics)





L'evoluzione dell'universo secondo il modello del Big Bang



cosmologia

de Bernardis, Battistelli, D'Alessandro, De Gasperis, Columbro, Coppolecchia, De Petris, Melchiorri, Masi, Maoli, Lamagna, Paiella, Piacentini, Pisano

astrofisica extragalattica

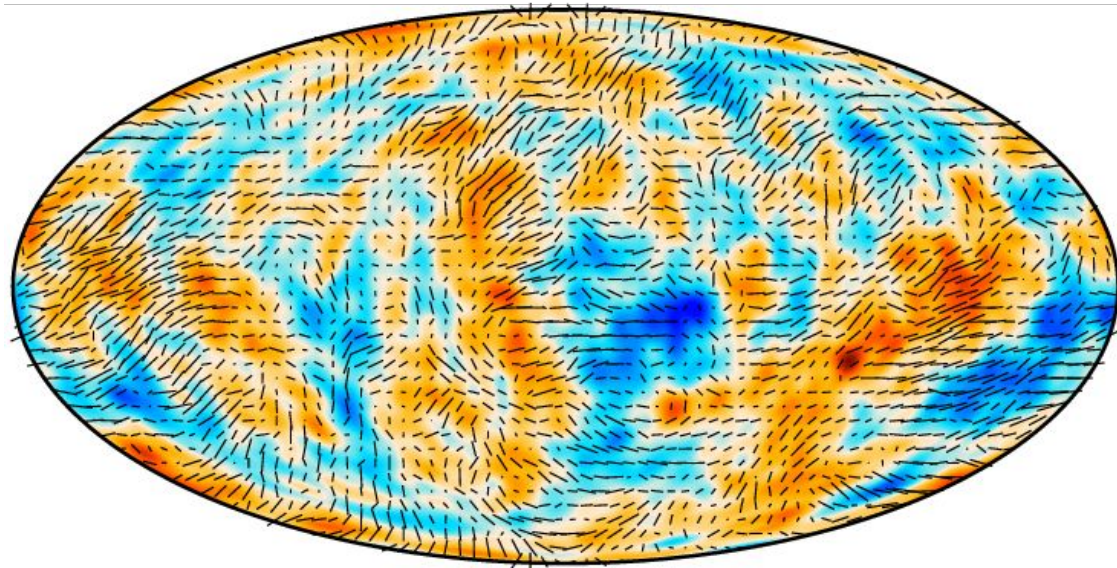
Schneider, Battistelli, De Petris, Pascale, Graziani, Zana

Astrofisica stellare e Galattica

Capuzzo-Dolcetta, Merafina, Pascale, Schneider⁶

Cosmologia osservativa

la sorgente di radiazione più lontana osservabile è la radiazione di fondo cosmico, emessa solo 380 mila anni dopo il Big Bang



0.41 μK

-160

160 μK



Cosmologia osservativa - attività sperimentale e sviluppo tecnologico

Il gruppo di cosmologia osservativa del dipartimento di Fisica ha una lunga tradizione di attività sperimentale e sviluppo tecnologico per osservazione della radiazione di fondo cosmico, incluso:

- sviluppo di sistemi ottici, polarimetrici, criogenici, elettronici
- sviluppo di rivelatori per microonde
- sviluppo di metamateriali per microonde
- sviluppo di strumenti per telescopi da terra e per telescopi su pallone stratosferico
- sviluppo di strumentazione scientifica per satellite

CMB instrument example: SWIPE instrument on LSPE

Optics design

- lenses, mirrors
- absorbers
- optimization

Electronics

- Readout systems
- Driving systems
- Control systems
- Low-noise electronics

Detectors for microwave

- KIDS detectors
- 3D printed horn antennas

Cryogenic systems

- 300K
- 150K
- 45K
- 2K
- 300mK

Cryostat window ARC

Thermal Filters

Rotating Half Wave Plate

Dielectric Lens

Thermal Filters

Wire-grid Polariser

Band defining Filters

Focal plane Horn antennas

P. de Bernardis et al.,
Proc. SPIE v.8452 (2012)

→ All the highlighted items in yellow can be realised with **Metamaterials**



Cosmologia osservativa - strumenti in fase di sviluppo

Gruppo G31, coordinatore prof. Paolo de Bernardis

Polarizzazione della radiazione di fondo cosmico

- **LSPE-SWIPE** (pallone stratosferico), prof. Paolo de Bernardis
- **QUBIC** (Alto Chorrillo, Argentina), prof.ssa Silvia Masi
- **LiteBIRD** (telescopio spaziale), prof. Paolo de Bernardis, prof. Francesco Piacentini, prof.ssa Silvia Masi

Spettro in frequenza della radiazione di fondo cosmico

- **COSMO** (Antartide), prof.ssa Silvia Masi
- **OLIMPO** (pallone stratosferico), prof.ssa Silvia Masi

Sviluppo tecnologico

- **Rivelatori KIDs**, Prof. Paolo de Bernardis, prof.ssa Silvia Masi, dr. Alessandro Paiella
- **Componenti quasi ottici con metamateriali e modulatori di polarizzazione**, prof. Giampaolo Pisano, dr. Fabio Columbro, prof. Paolo de Bernardis, prof.ssa Silvia Masi
- **Strumento MISTRAL per Sardinia Radio Telescope**, prof. Paolo de Bernardis, prof. Elia Battistelli
- **Sistemi ottici per radiazione a microonde**, prof. Luca Lamagna, prof. Marco De Petris

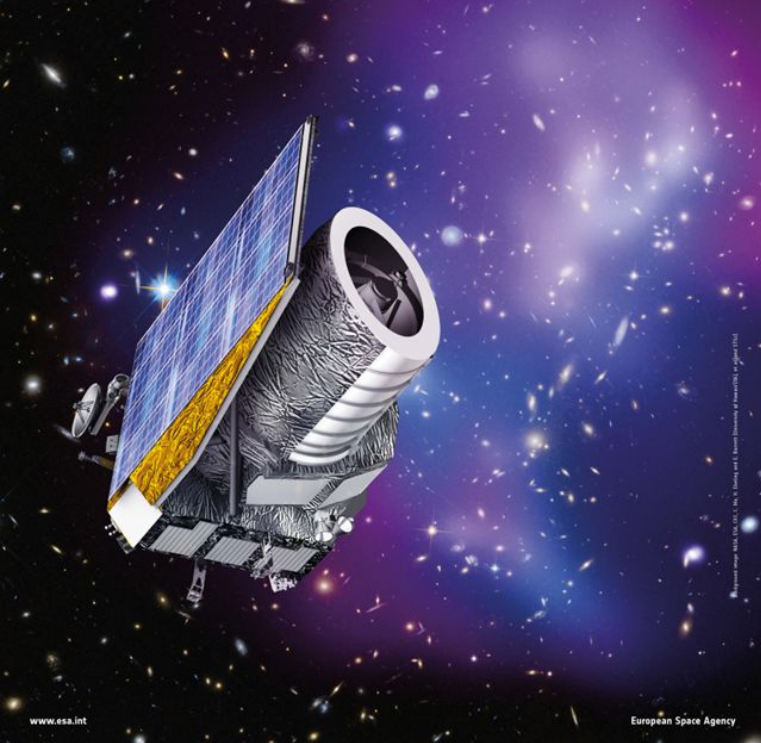


Cosmologia osservativa - attività osservativa e teorica

- Cosmologia teorica, modelli cosmologici, materia oscura, e problemi aperti (prof. Alessandro Melchiorri)
- Stima della massa di ammassi di galassie, da osservazioni, simulazioni idrodinamiche e implicazioni cosmologiche (prof. Marco De Petris)
- Utilizzo del telescopio spaziale Euclid per la stima della distribuzione della materia nell'universo e implicazioni cosmologiche (prof. Roberto Maoli)
- Osservazione di ammassi di galassie con il telescopio ACT in Cile (prof. Elia Battistelli)

Euclid - tra Cosmologia e Astrofisica extragalattica

- Missione spaziale dell'**ESA** di classe media
- Telescopio di 1.2 m di diametro
- **Fotometro VIS**: immagini ottiche in banda R-I-Z (550-900 nm) fino a magnitudine=24.5
- **Spettrofotometro NISP**: immagini nel vicino infrarosso nelle bande Y, J e H e spettroscopia slitless



Obiettivi scientifici

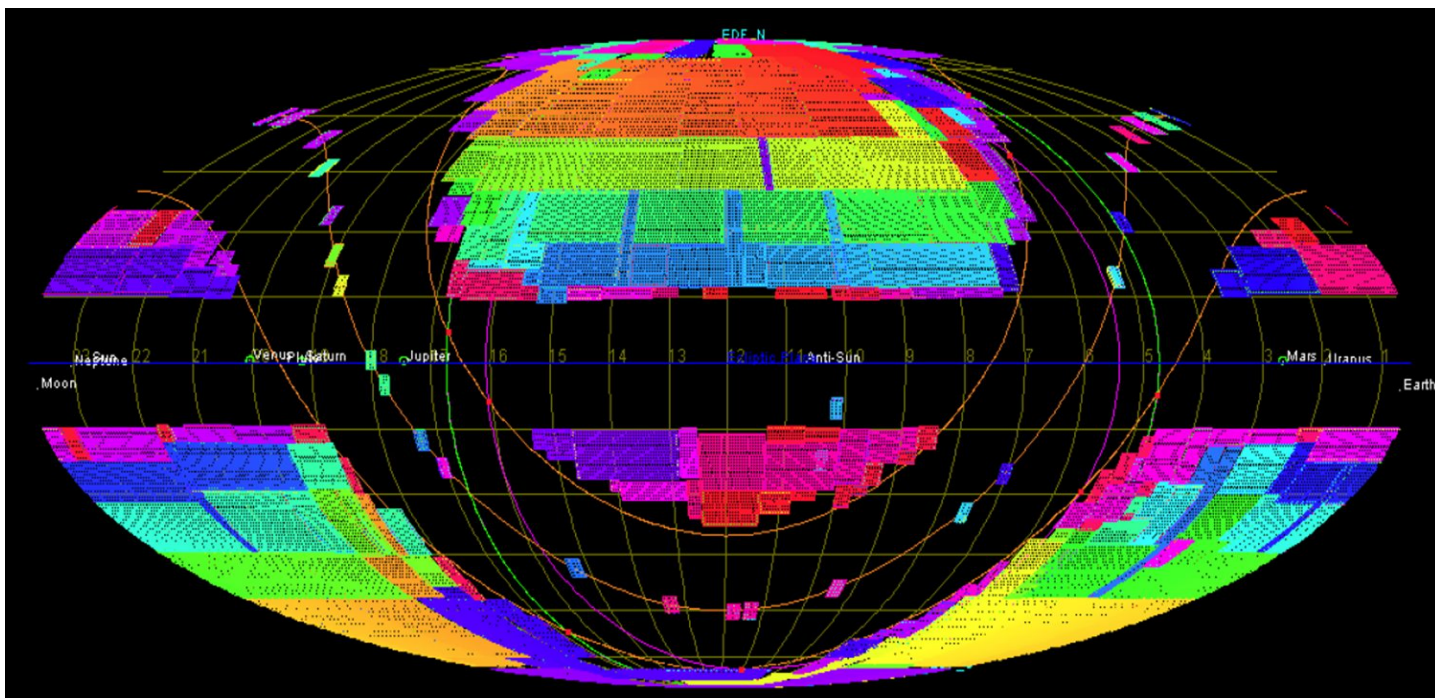
- Natura della materia oscura
- Natura dell'energia oscura
- Test della relatività generale

Osservabili cosmologici

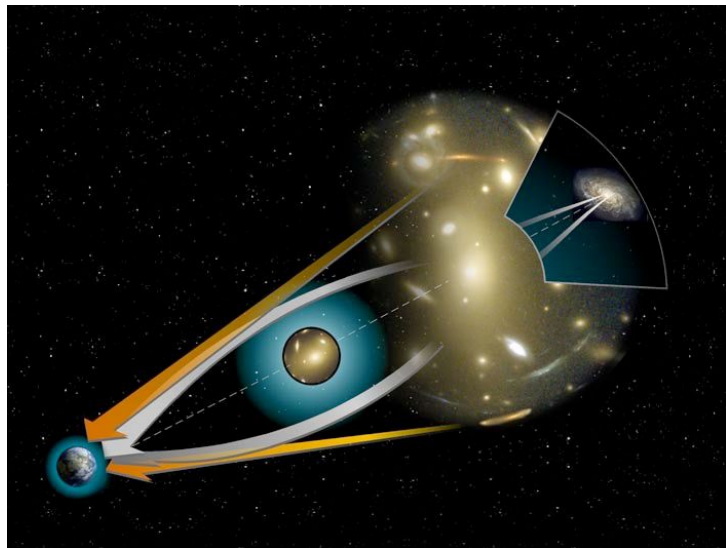
- Lensing gravitazionale debole
- Clustering delle galassie
- Ammassi di galassie
- Correlazione galassie-CMB

Euclid osserverà in **sei anni di missione** circa 15000 gradi quadrati di cielo per un totale di oltre **1.5 miliardi di galassie in imaging** e circa **40 milioni di galassie in spettrometria infrarossa**.

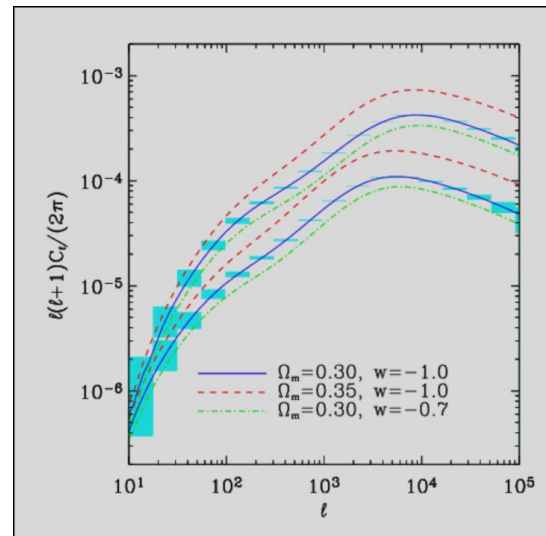
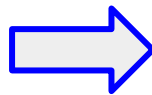
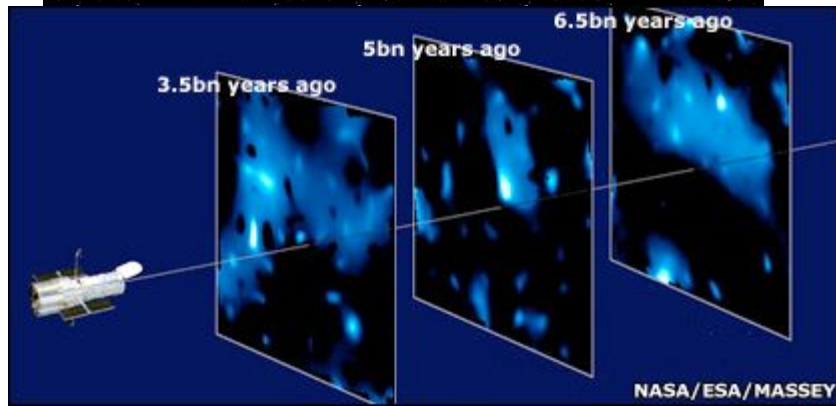
- L'**imager nel visibile** misurerà la forma delle galassie con grandissimo dettaglio (sfruttando le peculiarità di un telescopio spaziale);
- la **fotometria infrarossa**, insieme alle osservazioni da terra, permetterà la misura del redshift fotometrico di tutte le galassie osservate
- la **spettrometria infrarossa** permetterà di ricostruire la distribuzione tridimensionale delle galassie di cui misurerà il redshift spettroscopico.



Lensing gravitazionale debole (cosmic shear)



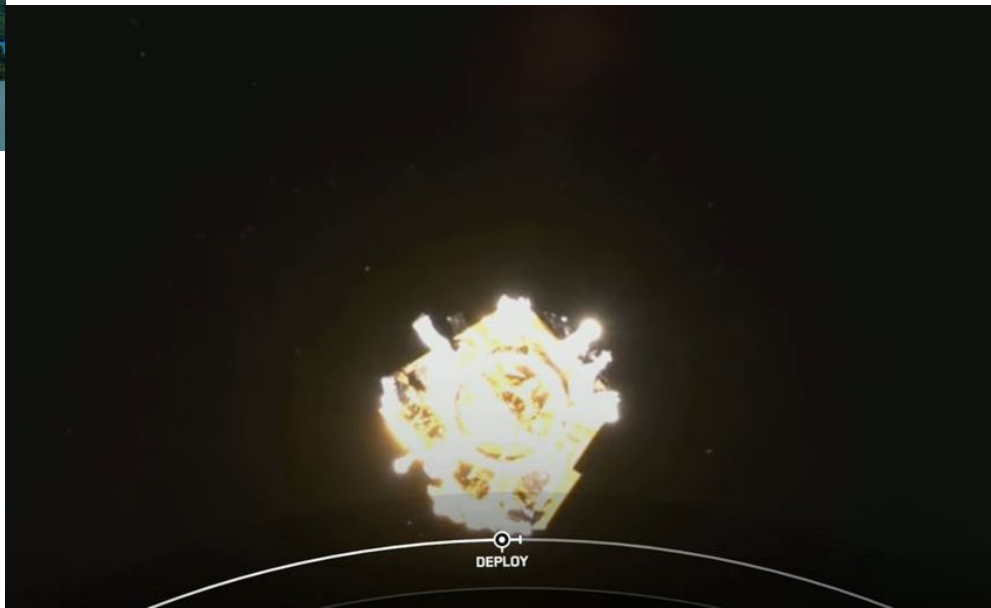
- Curvatura dei raggi luminosi emessi dalle galassie lontane da parte di sovradensità presenti lungo la linea di vista
- Distorsione (e magnificazione) della forma della galassia
- Effetto statistico: serve osservare molte galassie
- Effetto molto piccolo: serve una grande qualità d'immagine
- Si studia per intervalli di redshift: serve la misura del redshift fotometrico di ogni galassia
- Dipende sia dal fattore di espansione dell'universo che dal fattore di crescita delle strutture



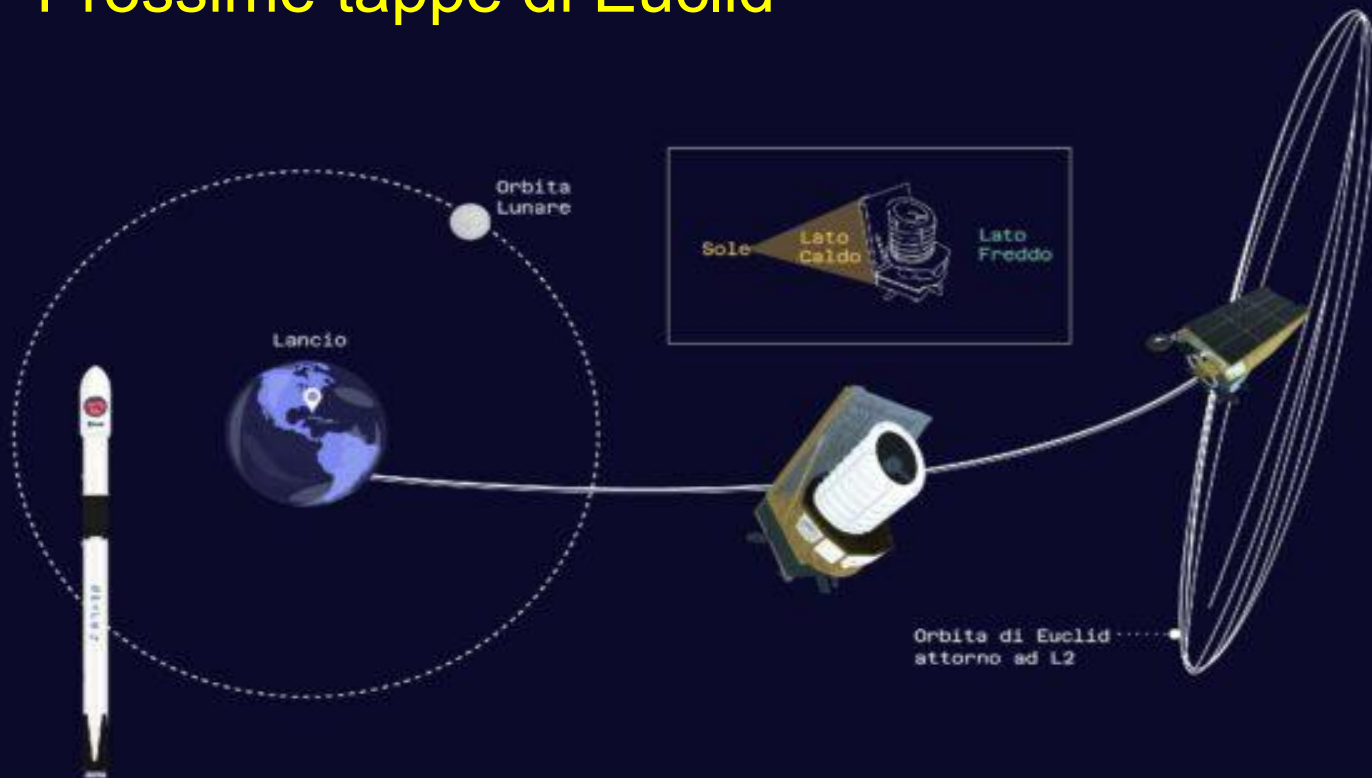


- Lanciato da Cape Canaveral il 1 luglio 2023
- Fase di decontaminazione terminata
- NISP è stato acceso e funziona
- VIS verrà acceso nei prossimi giorni

Separazione tra il secondo stadio del Falcon9 ed Euclid circa 42 minuti dopo il lancio



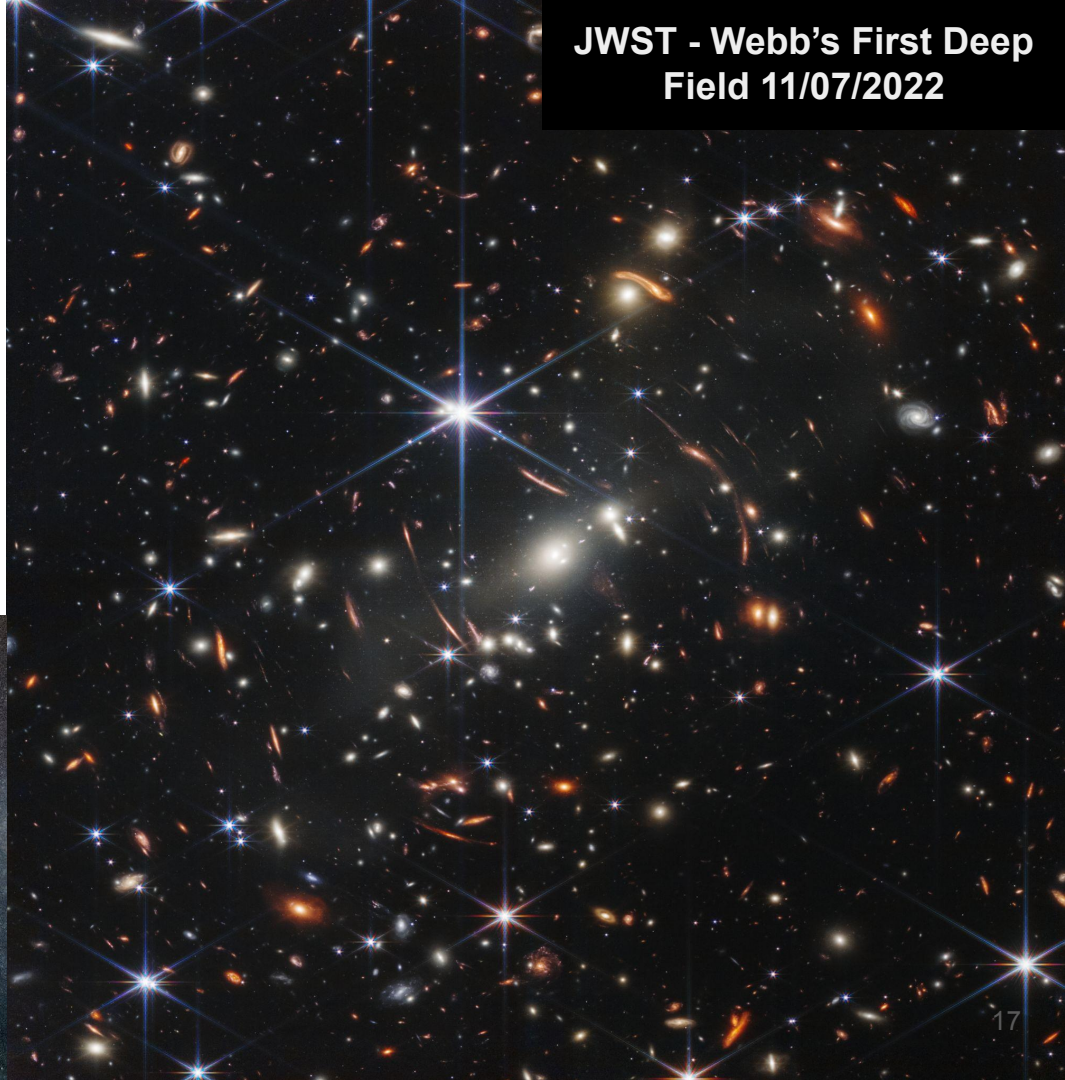
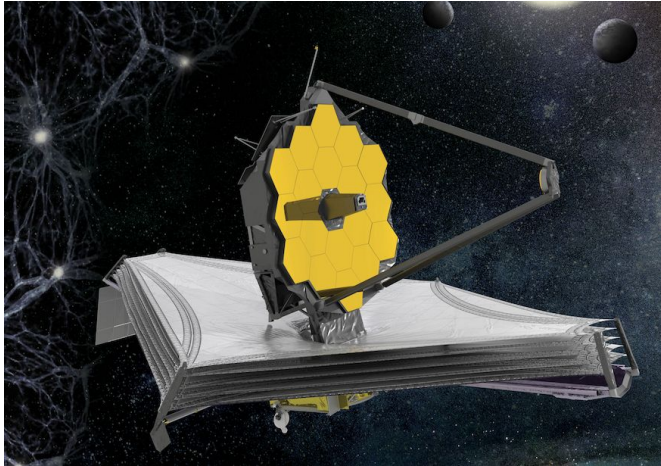
Prossime tappe di Euclid



- Lancio (L)
- L+2 giorni:
Euclid viaggia verso L2
- L+2 settimane:
Il cool-down di Euclid è completo
- L+4 settimane:
Euclid in orbita intorno ad L2
- L+4 settimane:
Telescopio allineato e tutta la strumentazione operativa
- L+1-3 mesi:
Test delle performance scientifiche e approvazione alle rilevazioni
- L+3 mesi:
Euclid inizia la sua osservazione

Astrofisica extragalattica

Si occupa di studiare la formazione e l'evoluzione delle galassie e dei loro buchi neri centrali, a partire dalle prime stelle che si formano circa 200 milioni di anni dopo il Big Bang.



JWST - Webb's First Deep Field 11/07/2022

Astrofisica extragalattica

Archeologia cosmica con le galassie più distanti osservate da James Webb Space Telescope (JWST)



redshift più alto

$z = 13.26$ corrisponde ad un'epoca alla quale l'Universo aveva 320 Myr ($\approx 2\%$ della sua età attuale)!

Utilizziamo simulazioni idrodinamiche e modelli semi-analitici per studiare la formazione delle prime galassie, le proprietà delle loro popolazioni stellari e del loro mezzo interstellare.

I modelli sono confrontati con le osservazioni e aiutano a interpretare i dati rivoluzionari del telescopio JWST.

Astrofisica extragalattica

Gli ammassi di galassie: potenti mezzi di
l'evoluzione e la composizione dell'Universo (prof. Marco De Petris)

Obiettivo della ricerca:

Stimare **la massa totale** nel modo più accurato e preciso possibile, ma solo se ...

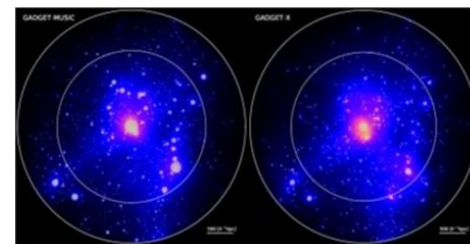
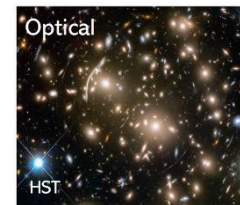
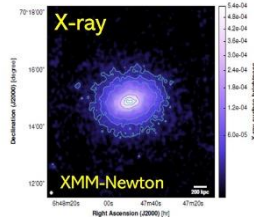
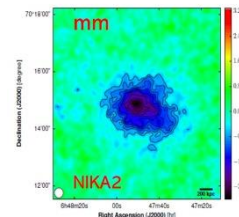
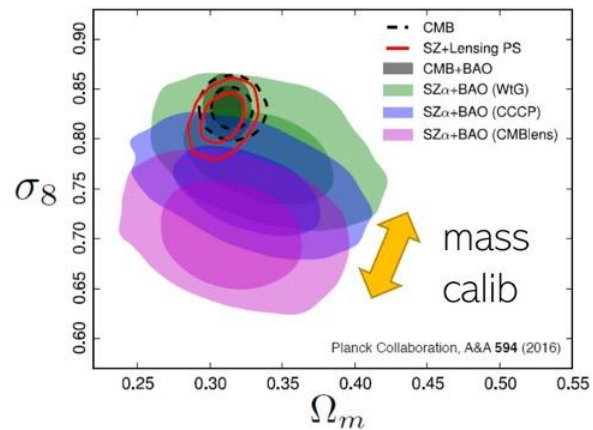
1. si riconosce il loro stato dinamico e il loro environment
2. si confrontano diversi modelli fisici o nuove tecniche di Machine Learning
3. si incrociano osservazioni multifrequenza: visibile, banda X e mm
4. si valida il tutto tramite l'ausilio di simulazioni idrodinamiche.

Come?

con osservazioni ..

- dell'effetto Sunyaev-Zel'dovich in banda mm ad alta risoluzione spaziale, vedi NIKA2, MISTRAL ...
- in banda X, vedi XMM-Newton, eROSITA ...
- in banda visibile, vedi HST, GTC, TNG ...

e simulazioni idrodinamiche, vedi The300



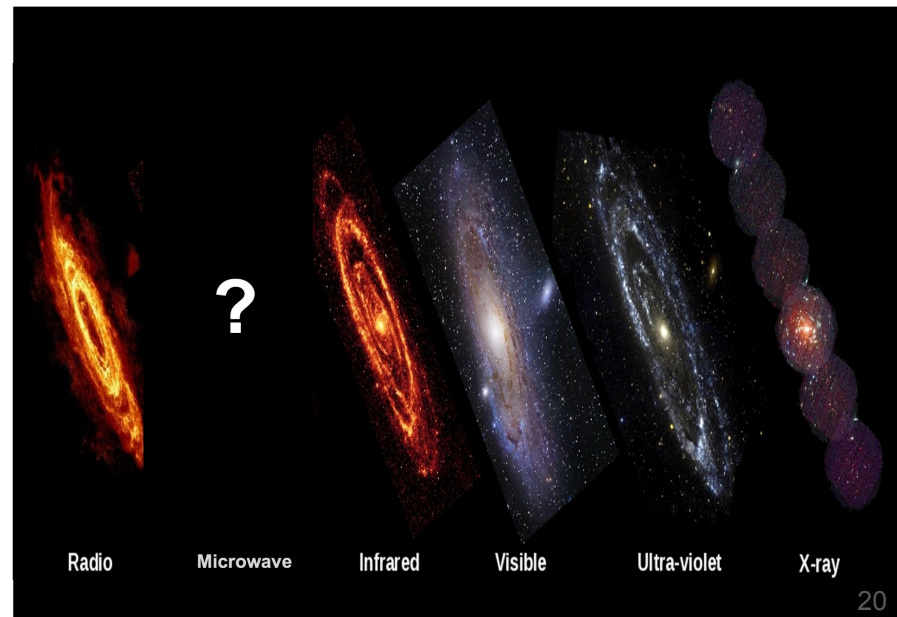
Astrofisica extragalattica (vicina) da telescopi a terra

Studio emissione di M31 nelle microonde:

- M31 è molto studiata ma c'è un gap osservativo nelle microonde
- Eg. studio dell'Emissione Anomala nelle microonde (aka Spinning Dust)
- Emissione termica e non termica
- Formazione stellare
- Polarizzazione
- Emissione di MASER
- La risoluzione angolare è fondamentale → SRT (Sardegna)



Prof. Elia Battistelli



Astrofisica extragalattica

Principali progetti

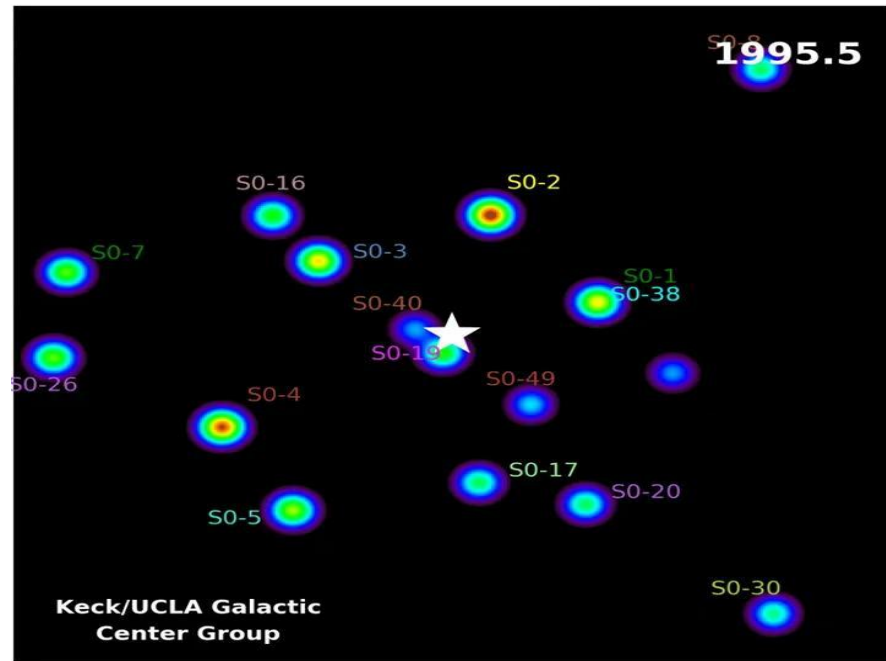
- Osservazioni delle prime galassie con JWST (prof.ssa Raffaella Schneider, prof.ssa Laura Pentericci - INAF)
- Simulazioni numeriche per la formazione delle prime stelle e delle prime galassie e confronto con i dati di JWST (dr. Luca Graziani, Prof.ssa Raffaella Schneider, dr. Tommaso Zana)
- Formazione ed evoluzione dei buchi neri e delle loro galassie ospiti, predizioni osservative nella banda elettromagnetica e attraverso le onde gravitazionali (prof.ssa Raffaella Schneider, dr. Luca Graziani)
- Misura di AME (Emissione anomala nelle microonde) e sua interpretazione scientifica (prof. Elia Battistelli)
- Stima delle proprietà degli ammassi di galassie (prof. Marco De Petris, prof. Luca Lamagna, prof.ssa Silvia Masi)

Astrofisica stellare e Galattica

Simulazioni numeriche e modelli teorici vengono elaborati da ricercatori del nostro Dipartimento per descrivere la dinamica di sistemi stellari, la formazione e l'evoluzione di ammassi stellari nei nuclei delle galassie e l'evoluzione dei buchi neri supermassicci nucleari.

Prof. Marco Merafina

Prof. Roberto Capuzzo-Dolcetta



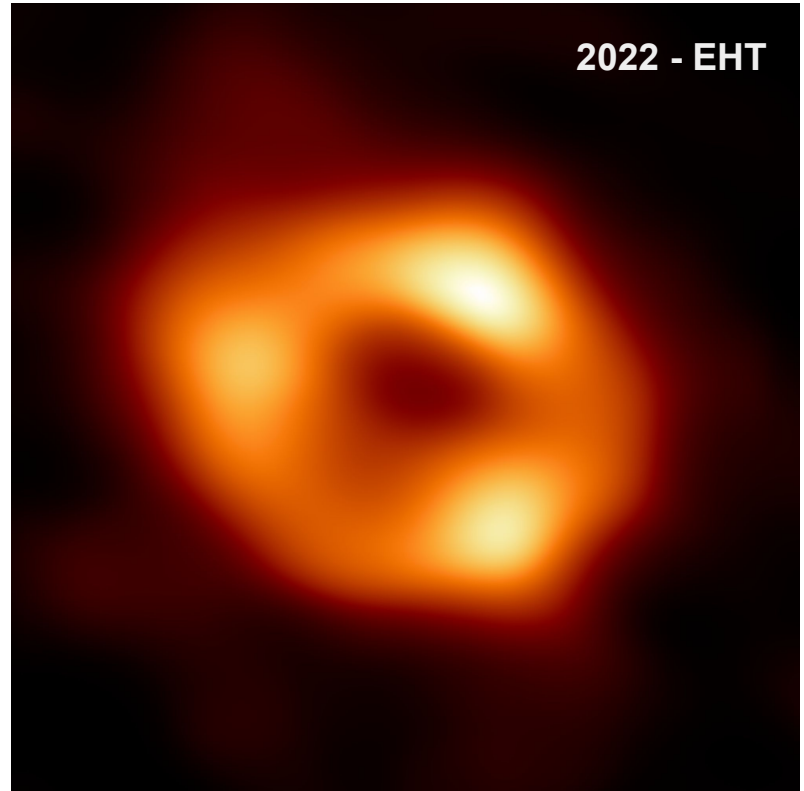
osservazioni delle orbite stellari
nel nucleo della Via Lattea

Astrofisica stellare e Galattica

Simulazioni numeriche e modelli teorici vengono elaborati da ricercatori del nostro Dipartimento per descrivere la dinamica di sistemi stellari, la formazione e l'evoluzione di ammassi stellari nei nuclei delle galassie e l'evoluzione dei buchi neri supermassicci nucleari.

Prof. Marco Merafina

Prof. Roberto Capuzzo-Dolcetta

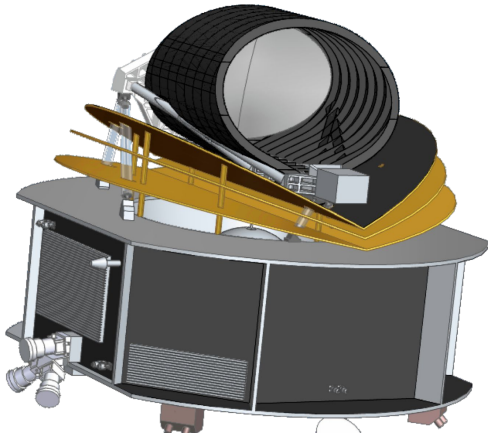


Prima immagine del buco nero al centro della Via Lattea (12/05/2022) 23

Pianeti extrasolari

Ogni stella della Via Lattea ha in media un pianeta. Oggi sono noti oltre 5000 pianeti orbitanti intorno a stelle diverse dal nostro Sole (esopianeti). Oltre alla loro massa e al raggio, sappiamo ben poco: hanno una atmosfera? Di cosa è composta? Come si formano i pianeti? Ce ne sono di simili al nostro?

ARIEL: un telescopio spaziale che svela la natura degli esopianeti



la missione volerà nel 2029 e vede un forte coinvolgimento con ruoli di rilevanza internazionale di ricercatori del nostro Dipartimento. Consentirà di caratterizzare le atmosfere di circa 1000 esopianeti.

Prof. Enzo Pascale



Attività all'esterno del Dipartimento

I docenti del dipartimento di fisica svolgono attività di ricerca a stretto contatto con i ricercatori dell'istituto nazionale di astrofisica (INAF),

- Osservatorio Astronomico di Roma (INAF-OAR),
- Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (INAF-IAPS),
- Osservatorio Astronomico di Abruzzo (INAF-OAA),
- Osservatorio Astronomico di Cagliari a Radiotelescopio della Sardegna (INAF-OAC, SRT)
- Numerose collaborazioni internazionali

Dottorato di Ricerca in Astronomy, Astrophysics and Space Science

Sapienza e Tor Vergata, in collaborazione con INAF e ASI, organizzano un corso di Dottorato di ricerca.

Le lista di tesi di dottorato offerte rappresenta un eccellente strumento per conoscere le attività di ricerca svolte in area romana:

<https://phd.uniroma1.it/dottorati/cartellaDocumentiWeb/8a914bb9-7d56-4082-aa68-9ba64788bdf9.pdf>



offerta tesi PhD 2023/24

Questionario di gradimento



PorteAperte2023

