

Percorsi di Eccellenza

Lauree in Fisica e in Astrofisica - 2025

20/03/2025, ore 17 Aula Amaldi
Sapienza - Dipartimento di Fisica

Informazioni generali

Docenti responsabili:

Prof.ssa Chiara Cammarota chiara.cammarota@uniroma1.it

Prof. Marco Felici marco.felici@uniroma1.it

Prof. Giampaolo Pisano giampaolo.pisano@uniroma1.it

Prof. Alfredo Urbano alfredo.urbano@uniroma1.it

Pagina elearning dei percorsi di eccellenza:

<https://elearning.uniroma1.it/course/view.php?id=6088>



Attività

Ogni studente/essa deve svolgere un minimo di 100 ore di attività all'anno (da completare entro il 31 ottobre) equivalenti a 4 CFU di didattica frontale (1 CFU = 8 ore di didattica frontale e 25 ore di impegno complessivo per lo studente/studentessa).

Da quest'anno diamo interpretazione CFU/anno, considerati nei mesi utili a partire da marzo:

- studenti della LT: 20 mesi residui: 3+4 CFU totali / 75+100 ore
- studenti della LM: 8 mesi residui: 3 CFU totali / 75 ore

Tra le attività proposte ci sono:

- mini-corsi di 1 CFU organizzati da docenti del Dipartimento.
- attività di approfondimento individuali equivalenti ad un impegno di 25 ore (1 CFU)
- seminari di classe della SSAS (scuola superiore di studi avanzati di Sapienza). Sono equivalenti a 3 CFU di didattica se seguiti nella loro interezza, inclusi approfondimenti e lavori individuali.

Per gli studenti impegnati in un periodo di studio **all'estero**, è possibile svolgere le attività previste dal percorso di eccellenza presso l'Istituto che li ospita sotto la supervisione di docenti. E' richiesta una relazione scritta da parte dei docenti responsabili che esprima un giudizio sull'attività svolta.

Altre attività come la partecipazione a scuole estive o summer programs o anche la partecipazione a corsi di Dottorato sono rendicontabili come attività del percorso di eccellenza purché precedentemente autorizzate dai responsabili dei PdE e certificate da una relazione scritta con attestato di partecipazione.

Altri adempimenti

- Entro il 31 di ottobre di ogni anno, gli studenti e le studentesse dovranno completare tutte le attività relative al percorso di eccellenza e compilare una **relazione** da consegnare ai responsabili dei Percorsi di eccellenza.
 - Il modello di relazione è disponibile [qui](#)
 - Gli studenti e le studentesse del II anno della triennale devono completare gli esami previsti per l'anno di corso entro il 31 ottobre, con media pesata superiore a 27/30
- Gli studenti e le studentesse del III anno della triennale e del II anno della magistrale devono completare gli esami previsti per l'anno di corso con media pesata superiore a 27/30 e laurearsi entro il 30 novembre.
- Dopo la laurea, le studentesse e gli studenti sono pregati di inviare un certificato infostud in cui risulti voto e data di laurea.

Attività di approfondimento

- Ciascun docente potrà assegnare agli studenti e alle studentesse del Percorso di eccellenza, che ne faranno richiesta, un argomento affine al proprio corso su cui chiedere un **approfondimento**.
- **L'approfondimento** potrà consistere in :
 - Approfondimento di un argomento di programma
 - Esperienza di laboratorio
 - Simulazione / calcolo al computer
 -
- La/Il docente valuterà il compito didattico corrispondente a circa 25 ore ed equivalente ad 1 CFU (8 ore) di didattica frontale (fino a un massimo di 2 CFU con lo stesso docente)
- Le modalità di **verifica** dell'argomento trattato potranno essere sotto forma di relazione scritta, di presentazione, o altro. Sono comunque decise dal docente.
- Il/La docente comunicherà l'esito del lavoro fatto dallo/a studente/essa al tutor responsabile del percorso di eccellenza, esprimendo **un giudizio**, secondo il modello disponibile [qui](#)

CORSI SSAS

La SSAS (<https://web.uniroma1.it/sssas/>) propone dei seminari per ciascuna delle quattro classi:

- Scienze giuridiche, politiche, economiche e sociali
- Scienze della vita
- Scienze e tecnologie
- Studi umanistici

che possono essere seguiti dalle studentesse e dagli studenti del PE indipendentemente dalla classe di appartenenza. Ciascun seminario è da considerarsi corrispondente a un carico didattico di 3 CFU solo nella sua interezza: incluse le attività di approfondimento individuale da concordare con il docente (lavoro propedeutico, lavoro ex-post dello studente, studio e discussione di paper). In caso di mancato svolgimento della componente di approfondimento individuale, il carico didattico andrà valutato caso per caso e potrà essere ridotto a 1 o 2 CFU. Si noti che gli attestati di partecipazione ai corsi SSAS devono essere richiesti unicamente alla segreteria SSAS (sara.marroni@uniroma1.it) e non ai docenti dei corsi.

La proposta formativa per il II semestre 2024/25 è disponibile al link

<https://web.uniroma1.it/sssas/sssas/studiare-alla-ssas/offerta-formativa>

in particolare nel file:

https://web.uniroma1.it/sssas/sites/default/files/CALENDARIO-ORARIO%20LEZIONI%20CORSI%20DISCIPLINARI%20II%20SEMESTRE%2024_25.pdf

MINI CORSI Proposti

1. **Dr.ssa Susanna Bertelli** <susanna.bertelli@lnf.infn.it> - Visita ai Laboratori Nazionali INFN di Frascati **LT e LM**
2. **A. Polimeni, L. Baldassarre, M. De Luca, M. Felici, E. Placidi, R. Trotta**: Quantum Mechanics and Nanotechnology
3. **Stefano Bovino** <stefano.bovino@uniroma1.it> - Astrochimica **LT e LM**
4. **Andrea Caputo** - Dinamica galattica [e suo uso per la ricerca di materia oscura] **LT e LM**
5. **Andrea Giansanti**: Computational Biophysics (a biased view) **LT e LM**
6. **Luca Leuzzi**: Entropie **LT e LM**
7. **Luca Leuzzi**: Inferenza statistica e machine learning in fisica statistica: il problema di Ising inverso **LT e LM**
8. **Marco Vignati** - Data Analysis in the Frequency Domain: FFT, filtraggio digitale dei segnali e teoria del rumore
9. **Lorenzo Monacelli** - Elettromagnetismo avanzato **LT**
10. **S. Di Pace, M. Drago, P. Leaci, S. Mastrogiovanni, C. Palomba, F. Pannarale, P. Puppo, P. Rapagnani** - Detector per onde gravitazionali - Analisi dati per onde gravitazionali
11. **M. Drago, S. Mastrogiovanni, F. Pannarale** - Gravitational Waves Open Data Workshop 2025
12. **O. Pezzi, S. Benella** - Turbolenza ed intermittenza nei plasmi spaziali: simulazioni numeriche ed osservazioni in-situ
13. **Dominik Schleicher** - Cosmological Structure Formation
14. - 25. **Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF)** - 11 proposte di mini corsi

Assegnazione tutor

I tutor sono:

- **Laurea Triennale 2023-24:** Prof. Marco Felici
- **Laurea Triennale 2024-25:** Prof. Giampaolo Pisano
- **Laurea Magistrale 2024-25:** Prof. Alfredo Urbano

(i tutor non sono i docenti con cui si svolgono le attività di approfondimento)

Inserite le vostre preferenze per le attività, entro il **31 marzo 2025**, nel google form

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSf052uPOkupXYvr0bkGxnzrw3JoJehe1nxT4qRefoOs-fOECQ/viewform?usp=dialog>



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

Proposta per Corso di Eccellenza rivolto a studentesse e studenti della Laurea Triennale

Percorso Fisica degli acceleratori

Durata 12 ore - 2 giorni

Periodo: 17-18 luglio 2025

Sede Laboratori Nazionali di Frascati

Metodologie: lezioni frontali, lezioni sperimentali e visita agli apparati sperimentali

Contenuti: In questo percorso didattico le studentesse e gli studenti affronteranno i principali temi connessi agli acceleratori di particelle. Dopo una breve introduzione teorica, verrà proposta una prima attività hands-on dedicata alla costruzione di una camera a nebbia per investigare la radiazione naturale e cosmica e introdurre le caratteristiche di alcune particelle che vengono studiate negli acceleratori. Gli studenti condurranno un'attività sperimentale riguardo lo studio della fisica dell'elettrone tramite l'utilizzo di tubi elettronici. Nella seconda parte i partecipanti avranno la possibilità di visitare l'anello di accumulazione DAFNE e la facility TEX. Verrà approfondito il loro principio di funzionamento con particolare riguardo alle strumentazioni utilizzate e agli esperimenti in corso.

NB. Le visite guidate agli acceleratori si svolgeranno compatibilmente con il programma di prese dati.



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI

Proposta per Corso di Eccellenza rivolto a studentesse e studenti della Laurea Magistrale

Percorso Tecnologie degli acceleratori e applicazioni

Durata 12 ore - 2 giorni

Periodo: luglio 2025

Sede Laboratori Nazionali di Frascati

Metodologie: lezioni frontali, lezioni sperimentali e visita agli apparati sperimentali

Contenuti: In questo percorso didattico le studentesse e gli studenti affronteranno i principali temi connessi alle tecnologie connesse agli acceleratori. Nella prima parte i partecipanti avranno la possibilità di visitare l'anello di accumulazione DAFNE, le facility DAFNE-luce e TEX. Verranno approfonditi i loro principi di funzionamento con vari focus sulle strumentazioni utilizzate e sugli esperimenti in corso. Nella seconda parte verranno proposti degli approfondimenti relativi alle tecnologie del vuoto e alle tecniche di accelerazione al plasma. Verrà inoltre presentata un'attività sperimentale dedicata alle tecnologie quantistiche sviluppate per la ricerca di materia oscura. Questi approfondimenti includeranno esperienze dimostrative.

NB. Le visite guidate agli acceleratori si svolgeranno compatibilmente con il programma di prese dati.

Short course on Quantum Mechanics and Nanotechnologies (2023-2024)

Leonetta Baldassarre, Marta De Luca, Marco Felici, Ernesto Placidi, Antonio Polimeni, Rinaldo Trotta

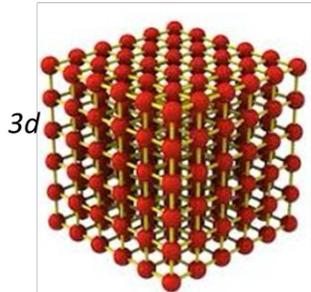
Quantum mechanics applied to semiconductor nanostructures

introductory basic principles of solid state physics

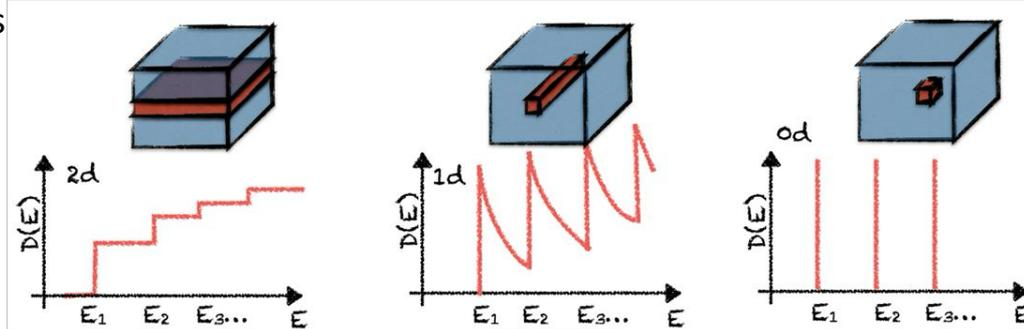
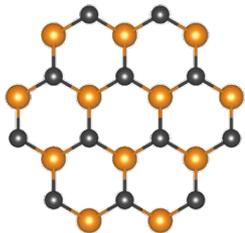
$$\left[-\left(\frac{\hbar^2}{2m^*} \right) \frac{\partial^2}{\partial \mathbf{R}^2} + U(\mathbf{R}) \right] C(\mathbf{R}) \approx [E - E_c(0)]C(\mathbf{R})$$

Toward low dimensionality: from 3D to 0D

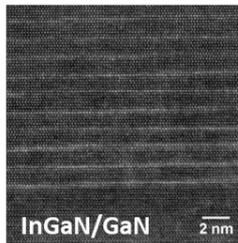
fabrication methods



2D materials



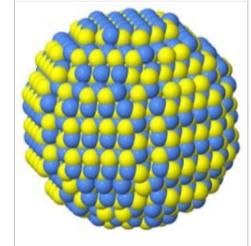
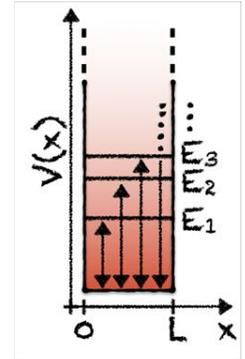
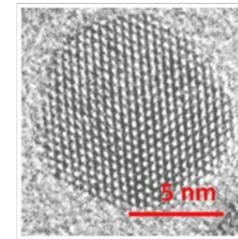
Quantum wells



wires



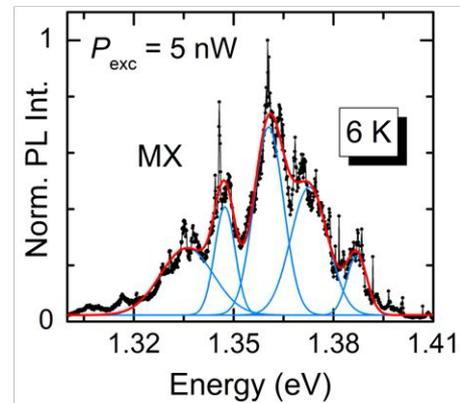
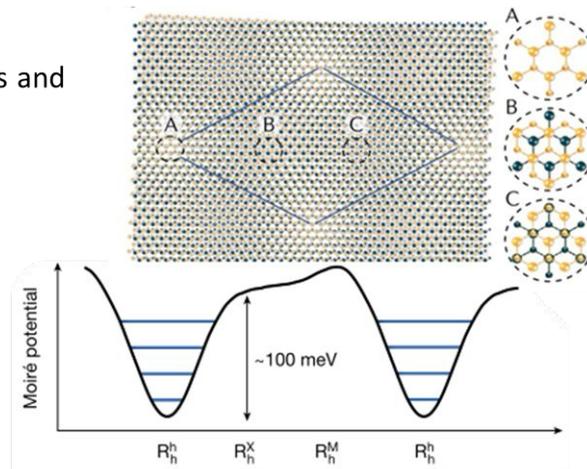
dots



Chemistry Nobel Prize 2023

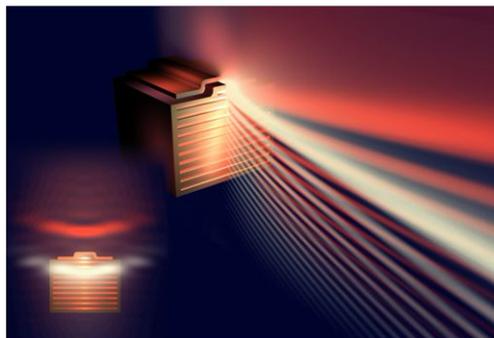
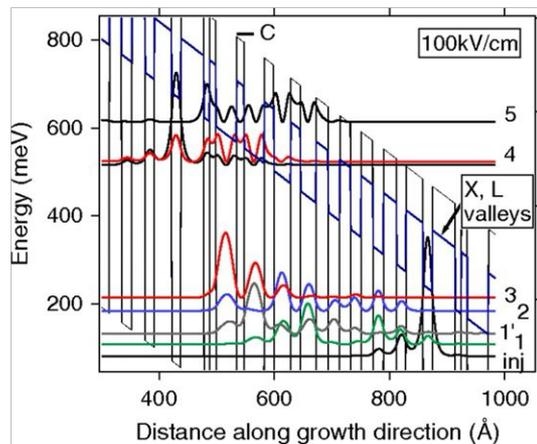
Spectroscopic studies

methodologies, examples and laboratory sessions



and devices

the quantum cascade laser:
operational principles and applications



Astrochimica

Prof. Stefano Bovino

Anno accademico 2024/2025

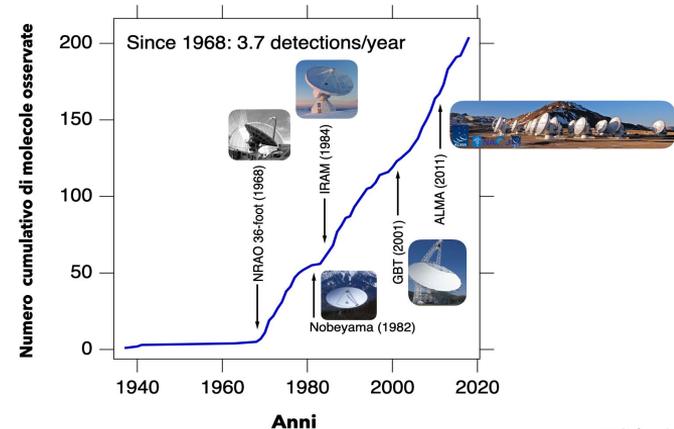
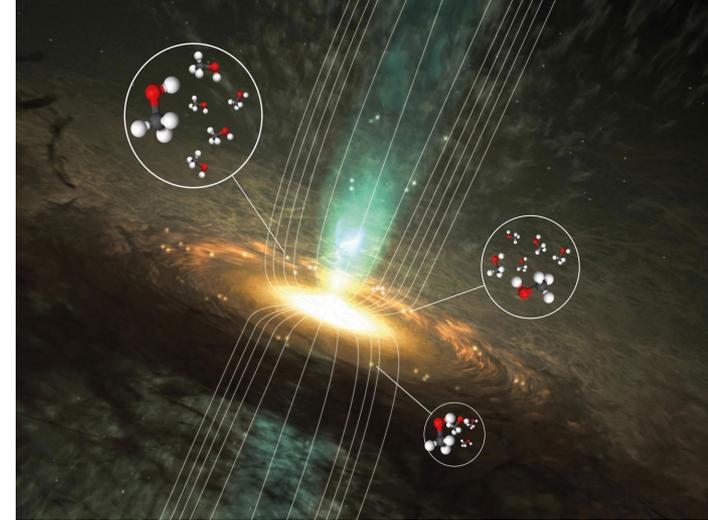
- Mini-corso di 8 ore (1 CFU)
- Orientato a studenti del 3 anno LT e studenti della LM
- **Obiettivo:** Introdurre i concetti fondamentali di questa disciplina all'interfaccia tra astronomia e chimica

Come rispondere a domande fondamentali nell'astrofisica: dalla formazione stellare all'origine della vita



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Percorsi di Eccellenza





Organizzazione: Astrochimica

Mini-corso di 8 ore , 4 incontri:

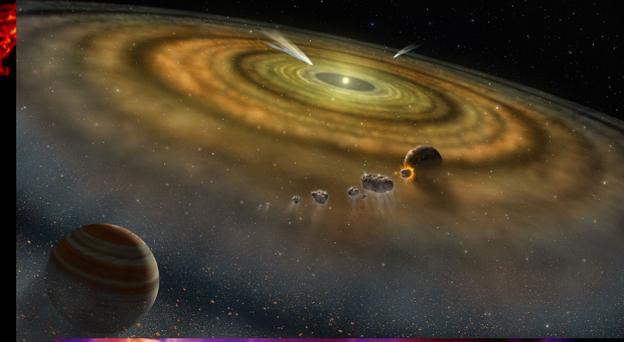
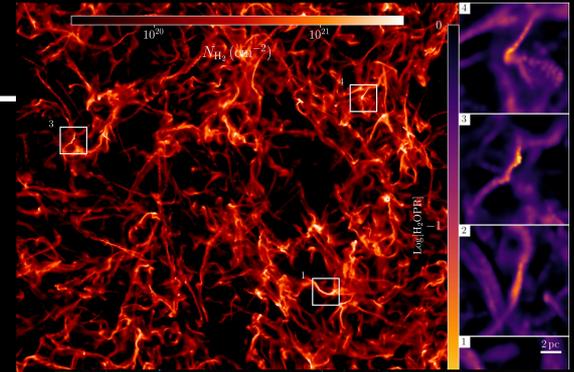
1. Introduzione al mezzo interstellare
2. Astrofisica molecolare: chimica e microfisica, cosmic-rays
3. Tools dell'Astrochimica: simulazioni (dai modelli semplici alle simulazioni magneto-hydro 3d), esperimenti (laboratory astrophysics)
4. Hands-on: esercizi computazionali sui modelli (solver eq. differenziali)*

Quando: da decidere con gli studenti interessati

Contatti: stefano.bovino@uniroma1.it

CU032: Stanza 10, Secondo piano

*dipende dalle conoscenze computazionali dei partecipanti



Dinamica galattica [e suo uso per la ricerca di materia oscura]



Andrea Caputo
Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma

a.caputo@uniroma1.it

Organizzazione:

Lezioni frontali alla lavagna: 8 ore

Argomenti trattati:

- Equazione di Boltzmann e funzioni di distribuzione di sistemi stellari;
- Orbite stellari, con o senza N-body modelling;
- Teoria cinetica per sistemi stellari;
- Dynamical friction, incontri ad alta velocità, mergers, tides.

Lezioni numeriche: 4 ore

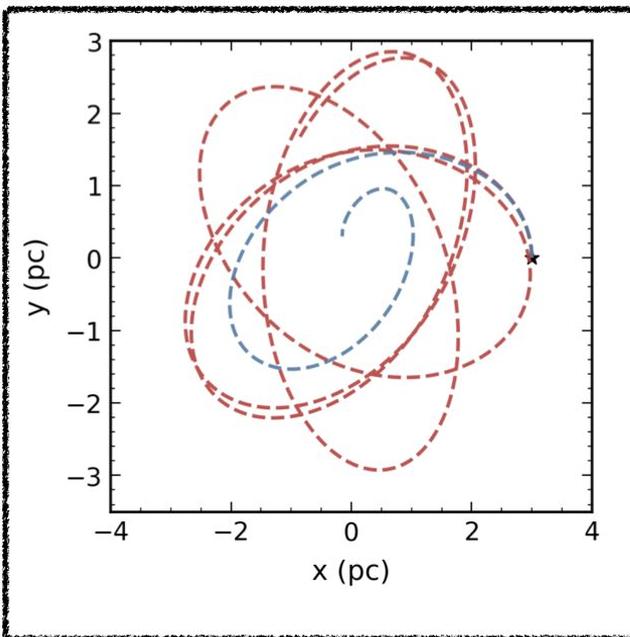
- Evoluzione numerica di oggetti massivi in un background di materia oscura;
- N-body tree codes

Orientato a studenti del **secondo o terzo anno della triennale**, e studenti della **magistrale**.

Pre-requisiti: meccanica, meccanica classica, fisica computazionale [meccanica statistica un vantaggio, ma non necessario]

Periodo: Maggio-Giugno

$$\begin{aligned}\sigma_r^2 &\equiv \overline{v_r^2} = \frac{1}{\nu} \int dv_r v_r^2 \int d^2\mathbf{v}_t f[\tfrac{1}{2}(v_r^2 + v_\theta^2 + v_\phi^2) + \Phi, rv_t], \\ &= \frac{2\pi}{\nu} \int_{-\infty}^{\infty} dv_r v_r^2 \int_0^{\infty} dv_t v_t f[\tfrac{1}{2}(v_r^2 + v_t^2) + \Phi, rv_t], \\ \sigma_\theta^2 &\equiv \overline{v_\theta^2} = \frac{1}{\nu} \int dv_\theta v_\theta^2 \int dv_\phi \int dv_r f[\tfrac{1}{2}(v_r^2 + v_\theta^2 + v_\phi^2) + \Phi, rv_t], \\ &= \frac{\pi}{\nu} \int_0^{\infty} dv_t v_t^3 \int_{-\infty}^{\infty} dv_r f[\tfrac{1}{2}(v_r^2 + v_t^2) + \Phi, rv_t], \\ \sigma_\phi^2 &= \sigma_\theta^2.\end{aligned}$$



COMPUTATIONAL BIOPHYSICS

(A BIASED VIEW)

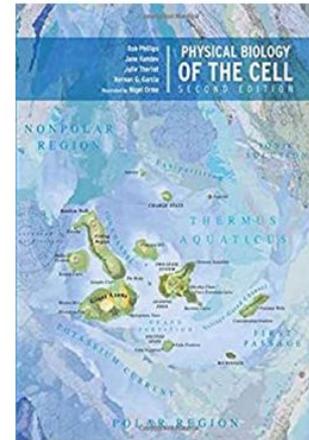
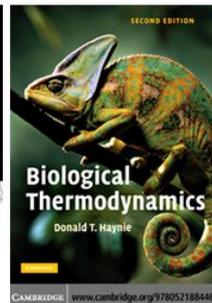
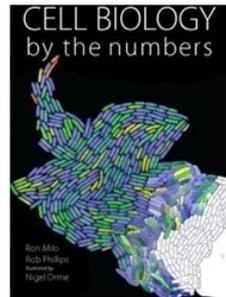
Andrea Giansanti
Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma

andrea.giansanti@federazione.uniroma1.it

Proposta di minicorsi (temi di approfondimento)
per il percorso di eccellenza laurea triennale e magistrale in Fisica 2024-25

LIST OF THEMES AND TEXTBOOKS

- The epistemological shift at the beginning of XXI century (bottom up vs top down: no more theory BIG DATA!)
- **Cell biology by the numbers** (Ron Milo, Rob Phillips, <http://book.bionumbers.org/>)
Forcing equilibrium statistical physics at the nanoscale (Feynman): **information through fluctuations**
- The Gillespie Algorithm (1977) and the cellular ergodic problem
- **Systems Biology** and **Systems Thinking** (Howard T.Odum): facing cellular non equilibrium situations with integrative models (e.g. **plasma cells, myeloma, cancer metabolism**)
- Codon bias a computable regulation code of cell biology
- Towards a global history of computational (protein) biophysics?
- Challenges and hints from AI, the **AlphaFold** case.



Teoria della probabilità in meccanica statistica

3 proposte (auto-escludenti) di mini-corso percorso di eccellenza L-30

1) Inferenza statistica e machine learning in fisica statistica:
il problema di Ising inverso

2) L'entropia, un concetto ubiquo tra
termodinamica, meccanica statistica, teoria
dell'informazione, meccanica quantistica,
sistemi dinamici caotici, sistemi vetrosi

Luca Leuzzi
Istituto di Nanotecnologia,
CNR-NANOTEC, Roma
luca.leuzzi@cnr.it

Inferenza statistica o machine learning?

- aka: inferenza o predizione?

$$\mathbf{y} = \mathbf{F}(\{\mathbf{x}\}) + \boldsymbol{\eta}$$

NOISE

$$\mathbf{y} = \{y\} = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$$

x_{23} = INPUT (es., spesa in pubblicità del prodotto 23)

y_{23} = OUTPUT (es., prezzo sul mercato del prodotto 23)

Inferenza statistica: proponiamo una teoria modellizzata dalla funzione F e stimiamo i parametri di F con i valori che riproducono meglio i valori misurati del data set $\{y\}$ dati i valori misurati di $\{x\}$.

Contro: se il modello non rappresenta bene il fenomeno l'inferenza sembra produrre buone stime dei parametri ... della teoria sbagliata



Machine learning: facciamo il *training* di una F generica che riproduca le $\{y\}$ dandole in pasto delle $\{x\}$ mediante un algoritmo che aggiusti F ad ogni iterazione con un certo *learning rate*.

Contro: diverse F possono arrivare a soddisfare la stessa equazione $y = F(\{x\})$ durante il training, ma qual è quella giusta su dati qualsiasi (non usati nel training)?

Inferenza statistica o machine learning?

Il confine tra inferenza statistica e machine learning è sottile.
Potrebbe anche un po' dipendere dal punto di vista di chi l'opera.

Questa soggettività rende la distinzione semantica un punto non-essenziale.

"Due centesimi" di parere:

L'inferenza statistica tratta il contesto teorico dei fenomeni ed il livello della loro conoscenza da parte nostra e ipotizza come stimare i parametri della teoria.

Il machine learning sviluppa gli algoritmi più efficaci per predire il comportamento dei fenomeni registrati.

Quel che è certo è che la modellizzazione teorica dei fenomeni e le tecniche statistiche per l'inferenza dei parametri sono fondamentali per sviluppare algoritmi di machine learning efficaci

1) Inferenza statistica e machine learning in fisica statistica: il problema di Ising inverso

Programma di massima per un minicorso di 8-10 ore:

<https://elearning.uniroma1.it/course/view.php?id=13503>

- Definizioni fondamentali dell'inferenza bayesiana.
- Entropia di Shannon, principio di massima entropia e derivazione probabilistica della distribuzione di equilibrio in meccanica statistica.
Prototipo di modello fisico con soluzione di equilibrio e variabili interagenti: modello di Ising (problema diretto).
- Modello di Ising inverso, massima verosimiglianza, Boltzmann machine learning.
Inferenza statistica mediante teoria di campo medio e della risposta lineare.
Inferenza statistica mediante pseudo-verosimiglianza.
- Altri modelli: Blume-Capel, Potts.
Generazione numerica dei dati sintetici (simulazioni Monte Carlo).
https://github.com/bsfn-0323/mf_inference

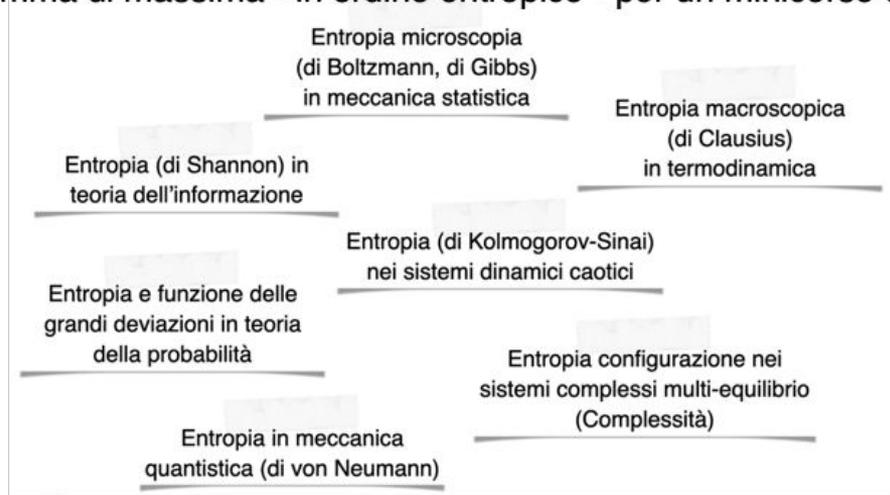
H. Chau Nguyen, Riccardo Zecchina & Johannes Berg (2017)

Inverse statistical problems: from the inverse Ising problem to data science, *Advances in Physics*, 66:3, 197-261.

Bayesian Reasoning and Machine Learning, David Barber, Cambridge University Press

2) L'entropia, un concetto ubiquo tra termodinamica, meccanica statistica, teoria dell'informazione, meccanica quantistica, sistemi dinamici caotici, sistemi vetrosi

Programma di massima - in ordine entropico - per un minicorso di 8-10 ore



Elementi comuni, connessioni, equivalenze, differenze

C. E. SHANNON, A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Tech. J., 27, pp. 379–423, 623–656, 1948.

E. T. Jaynes, Information Theory and Statistical Mechanics, Phys. Rev. 106, 620, 1957.

David J.C. McKay, Information theory, inference and learning algorithms, Cambridge University Press 2003.

G. Boffetta, A. Vulpiani, Probabilità in fisica, Springer-Verlag Italia 2012.

L. Leuzzi, E. Marinari, G. Parisi, Calcolo delle Probabilità, Cap. 14, Zanichelli 2023

Scegliete una o più opzioni (anche nessuna).
Se c'è almeno un corso con più di 8 partecipanti lo attiviamo.
Se ce ne sono più di uno attiviamo quello che ha più richieste.



1) Inferenza statistica e machine learning in fisica statistica:
il problema di Ising inverso



2) L'entropia, un concetto ubiquo tra
termodinamica, meccanica statistica, teoria
dell'informazione, meccanica quantistica,
sistemi dinamici caotici, sistemi vetrosi

Luca Leuzzi
Istituto di Nanotecnologia,
CNR-NANOTEC, Roma
luca.leuzzi@cnr.it

Corso: Dominio delle frequenze e analisi dati

Obiettivo: fornire le basi dell'analisi dei segnali e del rumore nel dominio di Fourier.

Applicazioni: ricerche di Materia Oscura, Onde Gravitazionali, Cosmologia, Risonanza Magnetica, Radar, etc...

Svolgimento:

8 ore frontali + 8 ore di esercitazioni al pc.

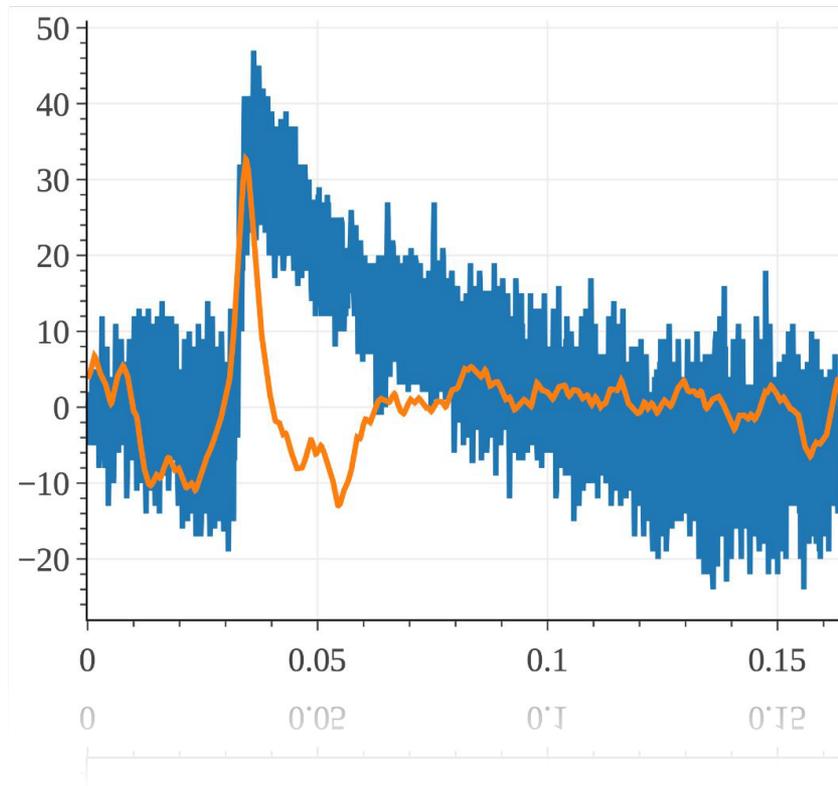
Platea: dal terzo anno in poi.

Docente: Marco Vignati.

Prerequisiti:

- Analisi matematica, meccanica statistica.
- Programmazione a livello base in Python, ROOT, R o simili.

mail docente: marco.vignati@uniroma1.it



Corso: Dominio delle frequenze e analisi dati

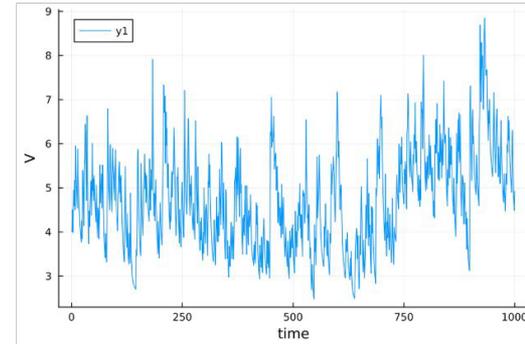
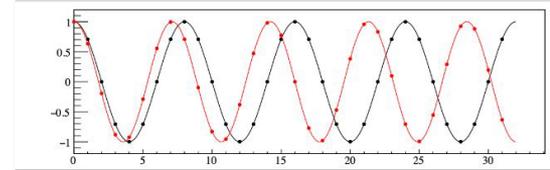
Programma

Trasformate. Serie e trasformata di Fourier, trasformata di Laplace.

Campionamento. aliasing, teorema di Nyquist, trasformata di Fourier discreta

Rumore. Teoria generale. Rumore bianco shot e Johnson, Generazione-ricombinazione, Rosa, rumore di quantizzazione, stima del rumore.

Filtraggio digitale. trasformata Z. Filtri FIR e IIR (Finite and infinite impulse response). Filtro adattato o ottimo.



$$\begin{aligned} y_0 &= 0 + \frac{\Delta t}{2\tau} \\ y_1 &= e^{-\Delta t/\tau} \frac{\Delta t}{2\tau} + \frac{\Delta t}{2\tau} \approx \frac{\Delta t}{\tau} \\ y_2 &= \frac{\Delta t}{\tau} e^{-2\Delta t/\tau} \\ y_n &= \frac{\Delta t}{\tau} e^{-n\Delta t/\tau} \end{aligned} \quad H_k = \frac{1}{\sum_l \frac{|S_l|^2}{N_l}} \frac{S_k^*}{N_k}$$

Elettromagnetismo Avanzato

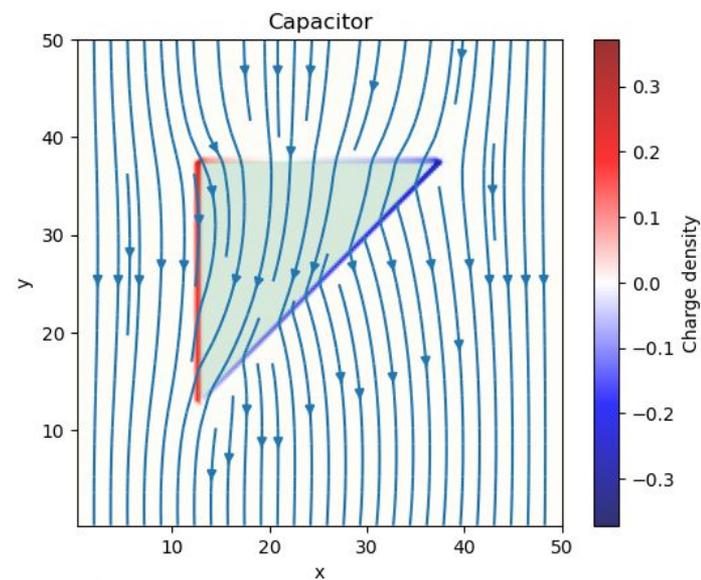
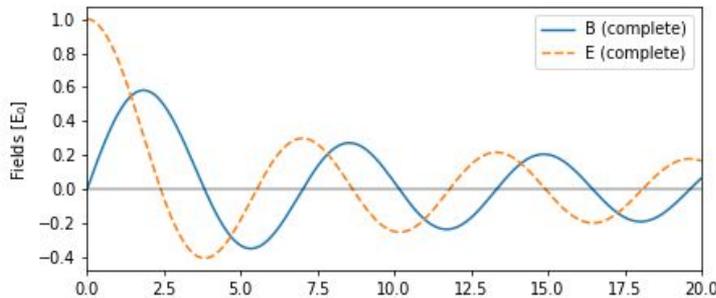
Lezioni di approfondimento su temi avanzati del corso di elettromagnetismo.

Prof. Lorenzo Monacelli lorenzo.monacelli@uniroma1.it

Elettromagnetismo avanzato

5 Lezioni da 2 ore l'una su approfondimenti di elettromagnetismo. Affronteremo:

- Risoluzione analitica e numerica dell'equazione di Poisson: come conduttori e dielettrici alterano il campo elettrico
- Risolvere l'elettrodinamica: la cavità risonante di Feynman
- Teoria microscopica della conduzione



Campo elettrico all'interno di un condensatore contenente un dielettrico di forma triangolare.

Campi elettrici e magnetici in mutua induzione all'interno di una cavità risonante

Turbolenza ed intermittenza nei plasmi spaziali: simulazioni numeriche ed osservazioni in-situ

Oreste Pezzi (ISTP/CNR) oreste.pezzi@istp.cnr.it

Simone Benella (IAPS/INAF) simone.benella@inaf.it

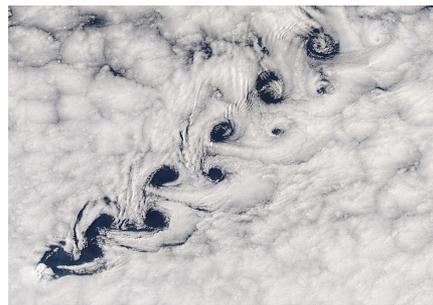
Turbulence is a frequent condition of fluids and plasmas, observed over an embarrassing broad range of scales. It controls important phenomena such as transport, mixing, diffusion and energization, clustering ...



Coffee and cream (<math>< m </math>)



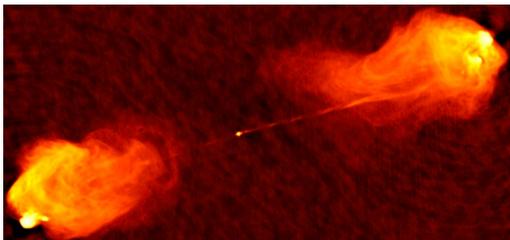
Wakes (m-km)



Von Karman vortex
(planetary)



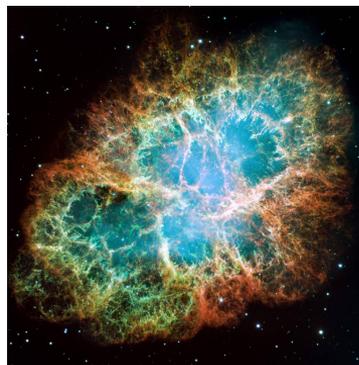
Jupiter
(planetary)



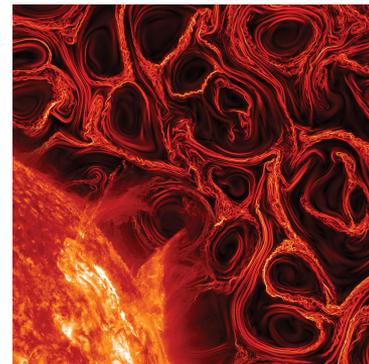
Radio lobes (Mpc)



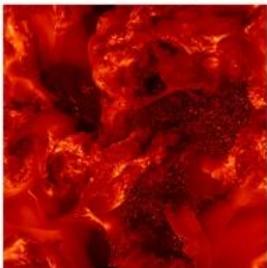
The interstellar medium
(100-1000 pc)



Supernova Remnants
(pc)



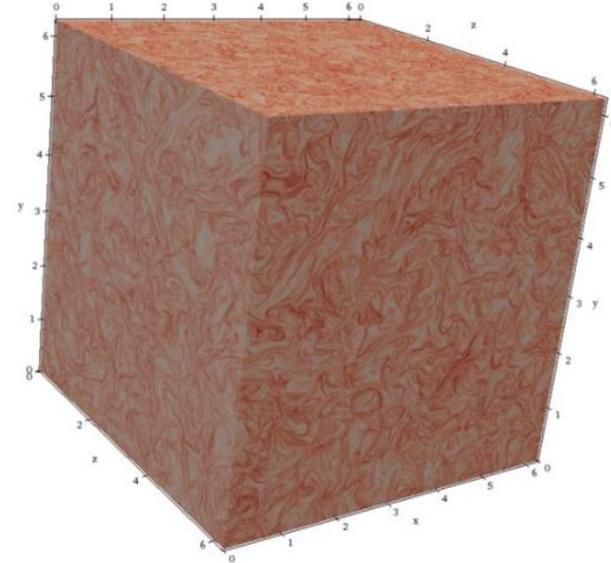
The Sun and the solar
wind (100 AU)



Black holes
(10-100 kpc)

Organization

- 1. Introduction to plasma turbulence** (8 hours, 4 lectures):
 - Fully-developed turbulence in fluids and plasmas: self-similarity and typical scales of dynamical equations;
 - Richardson's cascade and Kolmogorov/Kraichnan turbulence phenomenologies;
 - Scale-dependent statistics: inhomogeneous dissipation and intermittency;
 - Third-order moment exact relations: energy transfer rate.
- 2. Techniques of analysis of in-situ observations and numerical simulations** (8 hours, 4 lectures):
 - Stationarity, homogeneity, ergodicity and the Taylor hypothesis;
 - Autocorrelation function and power spectral density;
 - PDFs, structure functions, skewness, and kurtosis;
 - Estimation of the energy transfer rate.
- 3. Final project** (10-15 hours): Presentation and discussion of the results obtained from the direct analysis of in-situ observations or numerical simulations.



Period: May - June 2024

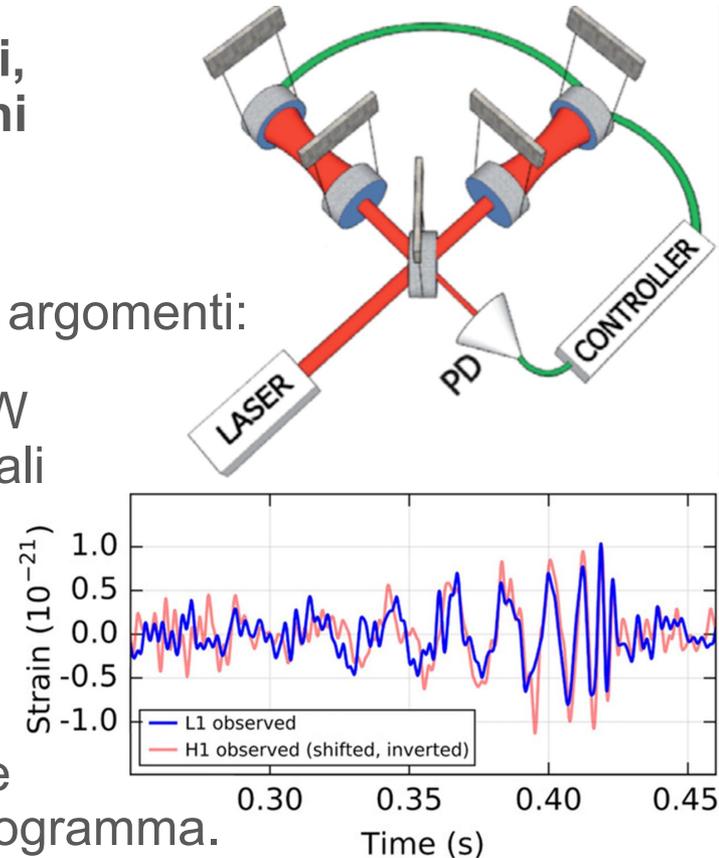
Detector ed analisi dati per onde gravitazionali

S. Di Pace, M. Drago, P. Leaci, S. Mastrogiovanni,
C. Palomba, F. Pannarale, P. Puppò, P. Rapagnani

Serie di lezioni frontali (8 h totali) che copriranno gli argomenti:

- Introduzione generale sulla rivelazione delle GW
- Caratteristiche dei rivelatori di onde gravitazionali
- Tecniche di analisi dati di onde gravitazionali
- Cosmologia e Statistica bayesiana

Prova finale: Discussione e presentazione da parte degli studenti di un articolo scientifico inerente al programma.



Gravitational Wave open data workshop

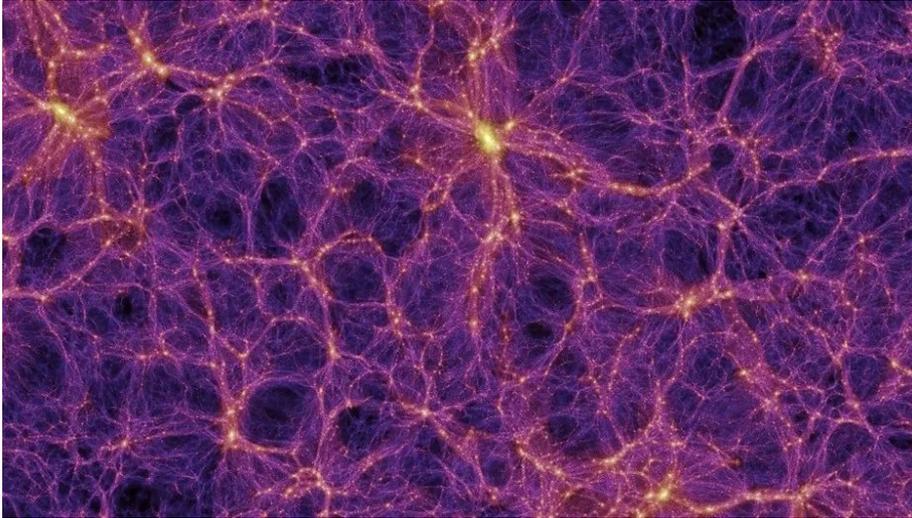


- **Contatti:** M. Drago, S. Mastrogiovanni, F. Pannarale
- **Scopo:** Gli studenti e le studentesse parteciperanno al Gravitational Wave open data workshop dove impareranno tecniche base di analisi dati per onde gravitazionali.
- **Programma:** Dal 12 al 14 Maggio 2025
 - 6 ore di lezioni online offerte da relatori LIGO e Virgo.
 - 12 ore di pratica in python a laboratorio di calcolo
 - ~8 ore di studio individuale.
- **Prova finale:** Alla fine del workshop saranno forniti dei dati simulati con segnali di onde gravitazionali. Gli studenti e le studentesse dovranno identificare i segnali presenti e fare una presentazione ai docenti sui risultati e le tecniche utilizzate.
- Programma complementare a Corso slide precedente

Cosmological Structure Formation

Dominik Schleicher - dominik.schleicher@uniroma1.it

**Organizzazione - 8 ore frontali (inglese), Aprile /
Maggio**



Contenuti:

Il modello cosmologico standard, in cui l'Universo è composto da barioni, materia oscura ed energia oscura, fornisce un quadro di riferimento per comprendere l'origine della struttura nell'Universo. In questo corso, forniremo un'introduzione alla formazione delle strutture cosmologiche, considerando la crescita delle prime perturbazioni lineari fino a diventare strutture non lineari. L'obiettivo principale del corso sarà derivare il formalismo di Press-Schechter, che permette di prevedere le masse degli aloni di materia oscura che ospitano le galassie in funzione del redshift cosmologico.

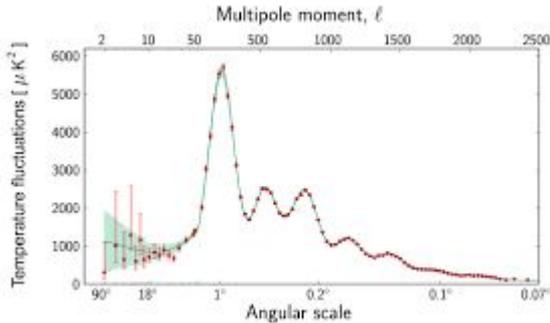
Cosmological Structure Formation

Dominik Schleicher - dominik.schleicher@uniroma1.it

Organizzazione - 8 ore frontali (inglese), Maggio / Aprile

Contenuti:

- 1) Equazioni di Friedmann per l'Universo omogeneo
- 2) Teoria delle perturbazioni cosmologiche
- 3) Spettro di potenza cosmologico
- 4) Modello di collasso sferico
- 5) Formalismo di Press-Schechter



Prova finale: colloquio

Lezioni in inglese

Studenti: Triennale e Magistrale

Percorsi di Eccellenza

offerta formativa

INAF Osservatorio Astronomico di Roma

Lauree in Fisica e Astrofisica - 2025



INAF

ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA



© Luca Zappacosta



MINI-CORSI PROPOSTI

Astrofisica Extragalattica

1) **The art of measuring the physical parameters in galaxies from spectral energy distribution fitting techniques:** Laura Pentericci +, **LM**

Stelle, Popolazioni Stellari e Mezzo Interstellare

2) **Star and Planet Formation:** Katia Biazzo +, **LT e LM**

3) **Evolution, Nucleosynthesis and Explosion of Massive Stars:** Marco Limongi +, **LT e LM**

Sole e Sistema Solare

4) **Il Sole e le Relazioni Sole-Terra:** Ilaria Ermolli +, **LT e LM**

5) **Fisica Del Sistema Solare: Superfici E Piccoli Corpi:** Elisabetta Dotto +, **LT e LM**

Astrofisica Relativistica e Particelle

6) **Segnali dallo spazio profondo: lo studio temporale delle pulsar X:** GianLuca Israel +, **LT e LM**

7) **Relativistic Jets in X-ray Binaries:** Piergiorgio Casella +, **LM**

8) **Exploring the Violent Universe: GRBs, Kilonovae, and the New Era of Multi-Messenger:** Silvia Piranomonte +, **LT e LM**

9) **Experimental Multimessenger and High-Energy Astrophysics,** Antonio Stamerra +, **LM**

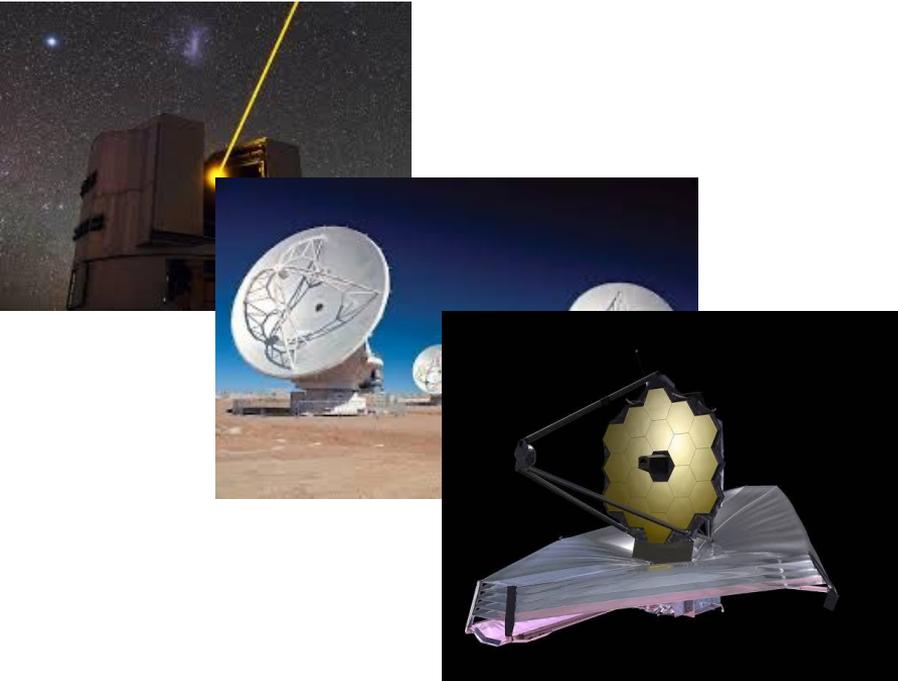
10) **Osservazione dei raggi gamma ad alta energia con telescopi Cherenkov,** Ciro Bigongiari +, **LT e LM**

Comunicazione e Divulgazione

11) **Comunicare la Scienza: Tecniche di Public Speaking e Divulgazione:** Elisa Nichelli +, **LT e LM**

The art of measuring the physical properties of galaxies from spectral energy distribution fitting techniques

Tutors: L. Pentericci A. Calabrò
(Osservatorio di Roma)



The art of measuring the physical properties of galaxies from spectral energy distribution fitting techniques

Tutors: L. Pentericci A. Calabrò
(Osservatorio di Roma)

Lezioni frontali:

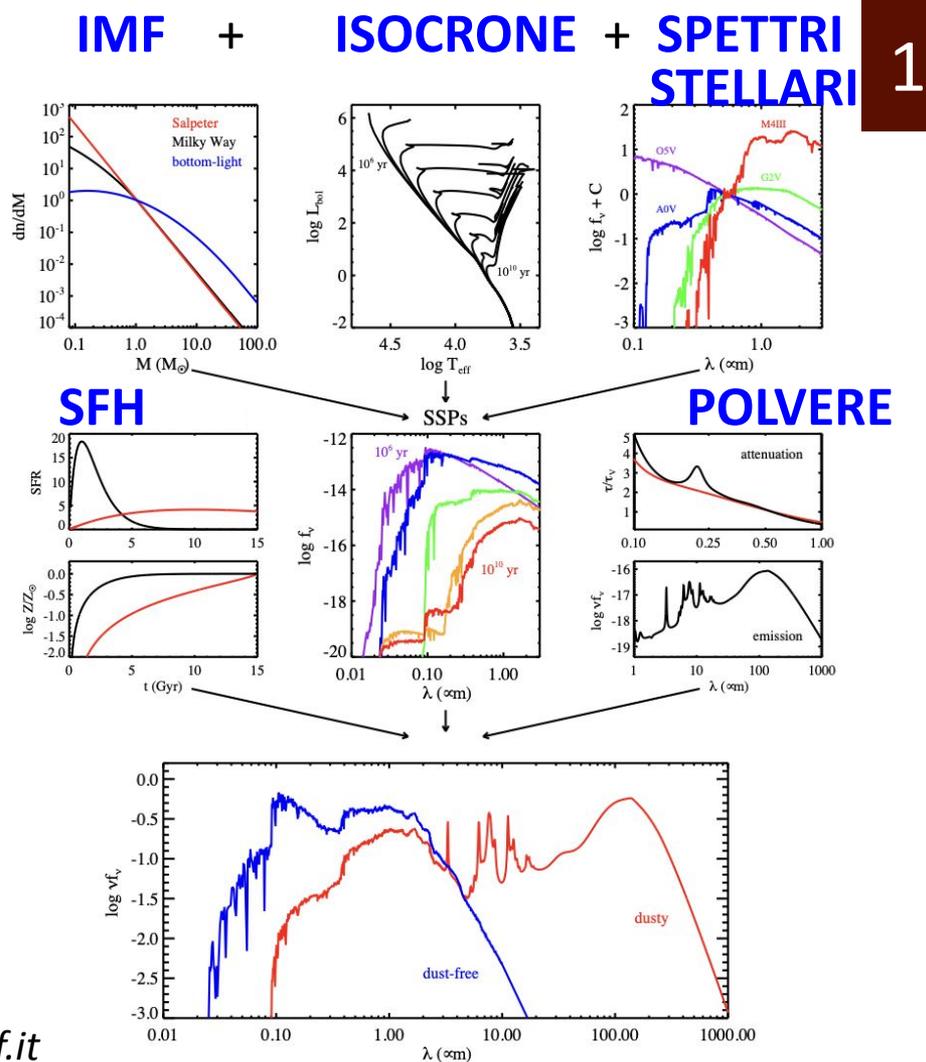
- 2 ore: introduzione concetti di base sulle popolazioni stellari nelle galassie
- 1 ore: introduzione concetti di fotometria
- 2 ore: tecniche di SED fitting con vari algoritmi
- 3 ore: applicazione degli algoritmi a semplici dataset

Periodo: da concordare

Prova finale:

Studio statistico delle proprietà di un grande campione di galassie lontane

laura.pentericci@inaf.it



Star and Planet Formation

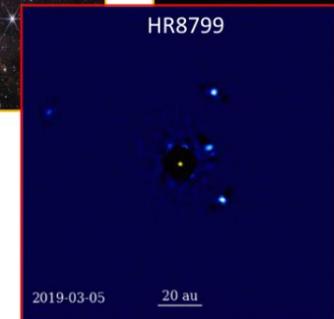
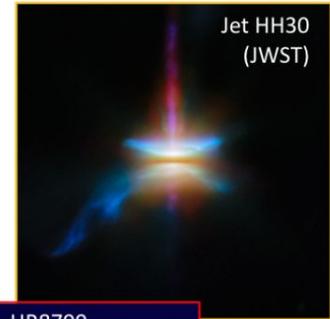
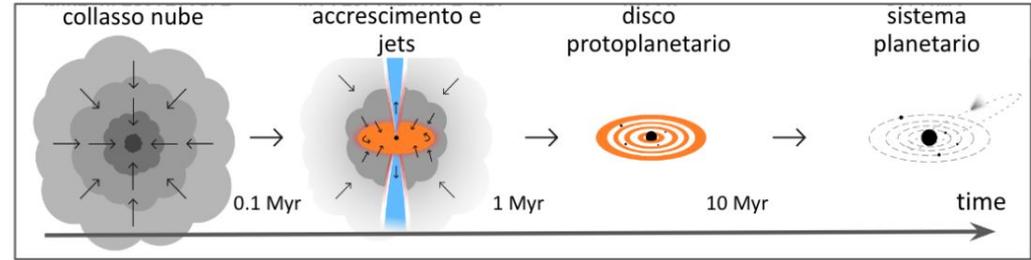
2

S. Antonucci, K. Biazzo, G. Li Causi, T. Giannini, M. G. Navarro, B. Nisini, F. Pedichini
(INAF - Osservatorio Astronomico di Roma)

Lezioni frontali

(La Sapienza; 8 ore, 4 incontri)

- ☐ Stelle giovani e loro ambiente circumstellare: accrescimento, jets/outflows, dischi protoplanetari, sistemi planetari giovani.
- ☐ Osservare le strutture delle stelle giovani con strumentazione all'avanguardia: JWST, SHARK@LBT, HARPS-N@TNG, MOONS@VLT.
- ☐ Spettroscopia/fotometria ottica-infrarossa di oggetti stellari giovani; metodi per derivare i parametri stellari.
- ☐ Dischi protoplanetari e pianeti in formazione con imaging ad alto contrasto con Ottica Adattiva; metodi numerici per l'imaging diretto di esopianeti.



Sistema Planetario (Keck)

Star and Planet Formation

S. Antonucci, K. Biazzo, G. Li Causi, T. Giannini, M. G. Navarro, B. Nisini, F. Pedichini
(INAF - Osservatorio Astronomico di Roma)

Lezioni sperimentali

(OAR; 6-10 ore LT-LM, 3 incontri)

- Esperienza di spettroscopia/fotometria (II)
- Esperienza su imaging ad alto contrasto con

Ottica Adattiva (III)

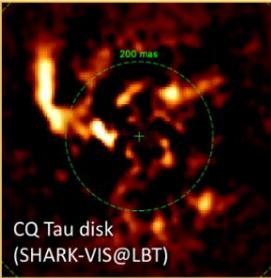
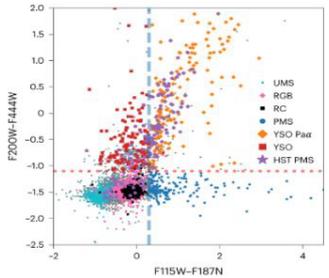
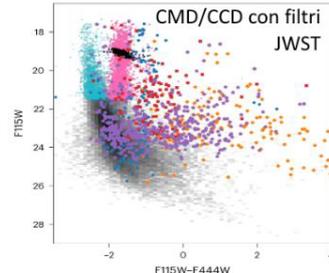
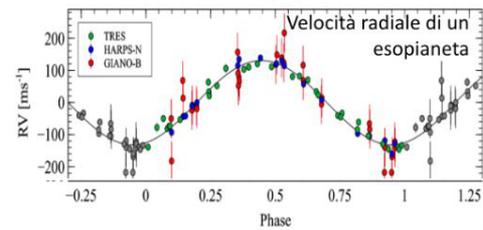
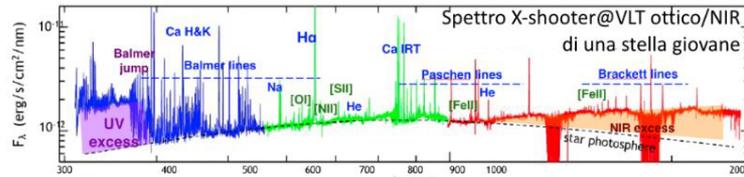
- Visita al laboratorio di ottica dell'Osservatorio (III)

Periodo svolgimento:

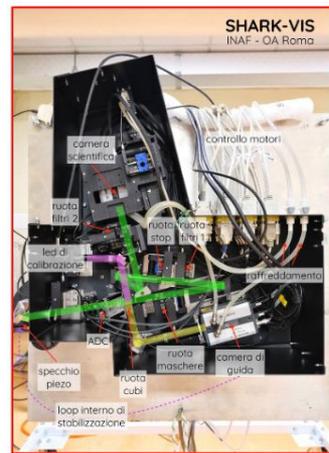
→ Giugno-Settembre

Verifica finale:

→ Presentazione dei risultati ottenuti di una esperienza



(III)



(III)



contatti: simone.antonucci@inaf.it, katia.biazzo@inaf.it

Evolution, Nucleosynthesis and Explosion of Massive Stars

Obiettivi:

- Stadi avanzati dell'evoluzione stellare, evoluzione pre-supernova di stelle massicce, nucleosintesi, formazione di resti compatti

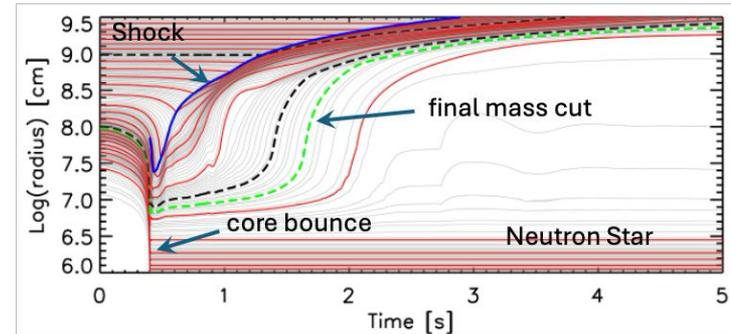
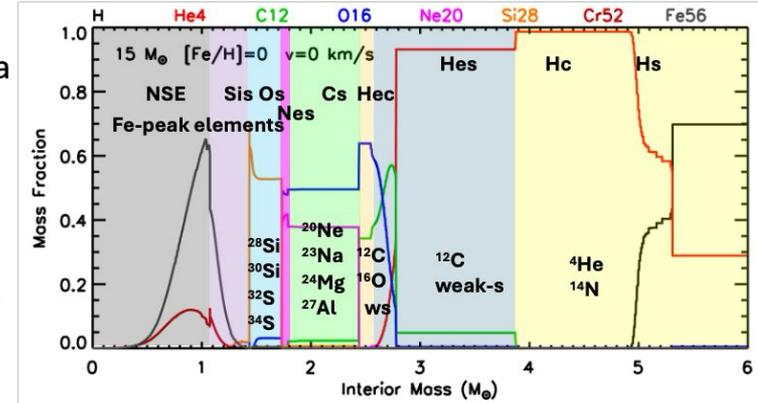
Organizzazione: 8 lezioni di 2 ore divise in due parti

Parte 1: Quadro teorico (8 ore di lezione frontale)

- L'equazione della struttura e dell'evoluzione stellare
- I principali stadi di combustione nucleare nelle stelle massicce: H-, He-, C-, Ne-, O-burning
- Fotodisintegrazioni e combustione del Si
- Equilibrio Statistico Nucleare
- Il percorso verso l'esplosione e collasso del nucleo
- Nucleosintesi esplosiva
- Fallback e formazione di resti compatti

Parte 2: Modelli e analisi numerica (8 ore di lezioni pratiche)

- Esercizi di gruppo con il codice evolutivo FRANEC
- Calcolo dell'evoluzione pre-supernova di una stella massiccia
- Analisi e studio dei risultati
- Calcolo dell'esplosione e della nucleosintesi esplosiva (HYPERION)
- Analisi e studio dei risultati



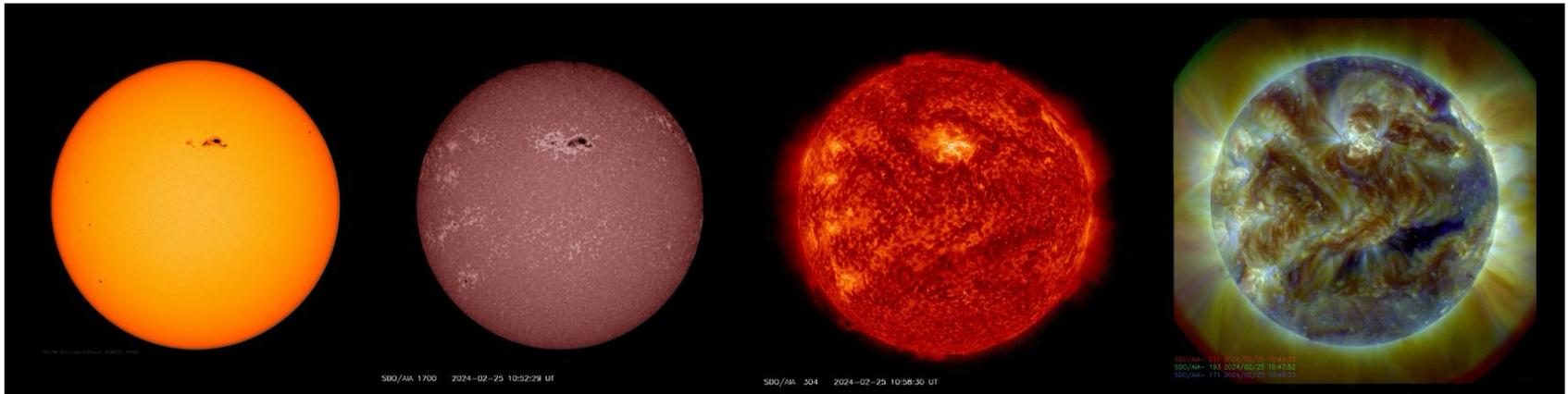
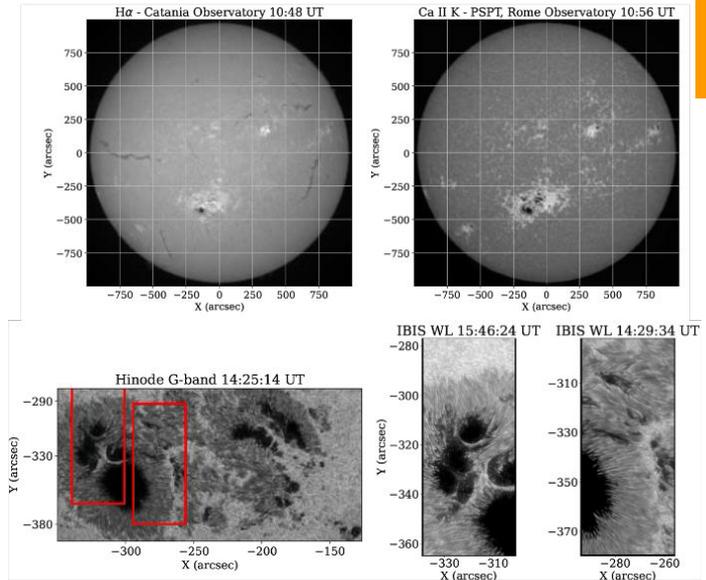
Prova Finale: Presentazione e discussione della metodologia e dei risultati ottenuti

Il Sole e le relazioni Sole-Terra

Ilaria Ermolli, Mariarita Murabito
INAF OAR Osservatorio Astronomico di Roma
Contatti: Ilaria.ermolli@inaf.it

Studenti LT e LM

L'atmosfera solare mostra **strutture a piccola e grande scala** che variano nello spazio e nel tempo a causa di **processi MHD** che coinvolgono il riscaldamento del plasma, l'accelerazione delle **particelle** e il rilascio di energia elettromagnetica **dai raggi X alle onde radio**. Il Sole è un **laboratorio ideale** per lo studio di questi processi, che non possono essere osservati con la stessa **risoluzione** in altre stelle e oggetti astrofisici. Il Sole è inoltre la **principale fonte di energia per la Terra e per l'intera eliosfera**.



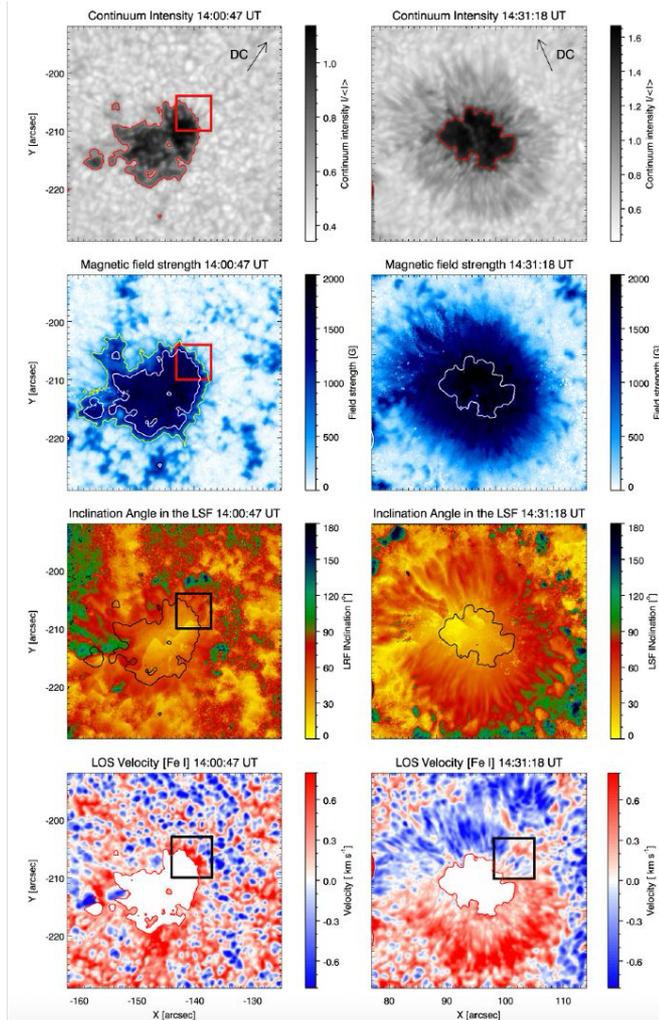
Il Sole e le relazioni Sole-Terra

Studenti LT/LM

Organizzazione

- **Lezioni frontali:** 8 ore, 4 incontri
Argomenti trattati:
 1. Interno e atmosfera del Sole
 2. Campo magnetico a piccola e grande scala
 3. Space weather e relazioni Sole-Terra
 4. Strumentazione e metodi
- **Lezioni sperimentali:** 4 ore, 2 incontri
 1. Visita alla strumentazione @ INAF OAR
 2. Stima dei campi di velocità e magnetici in una regione dell'atmosfera solare osservata ad alta risoluzione (scrittura e utilizzo di programmi nei linguaggi Python e IDL)
- **Prova finale:** presentazione dei risultati ottenuti

Periodo maggio-giugno



Fisica del Sistema Solare: Superfici e Piccoli Corpi

planetologia – astrobiologia – difesa planetaria

Tutors: E. Dotto, E. Mazzotta Epifani,
D. Perna, S. Ieva (Osservatorio di Roma)

I cosiddetti «piccoli corpi» del Sistema Solare, come asteroidi e comete, sono ciò che resta fino a noi di una fase intermedia di formazione planetaria, quella dei planetesimi.

Non avendo subito le alterazioni che i pianeti hanno invece subito, asteroidi e comete ci permettono di studiare direttamente il materiale più antico del Sistema solare.

Si parla di «astrobiologia» perché si ritiene che i progenitori degli attuali asteroidi e comete siano stati fondamentali per il rilascio sulla terra di acqua e materiale organico dai quali sono scaturiti i processi che hanno poi portato allo sviluppo della vita sul nostro pianeta.

Si parla di «Difesa Planetaria» perché alcuni di questi oggetti, passando in prossimità della terra, costituiscono un potenziale pericolo per il nostro pianeta.



Lezioni frontali:

2 ore: origine e struttura del Sistema Solare

2 ore: asteroidi e molecole prebiotiche

2 ore: asteroidi e difesa planetaria

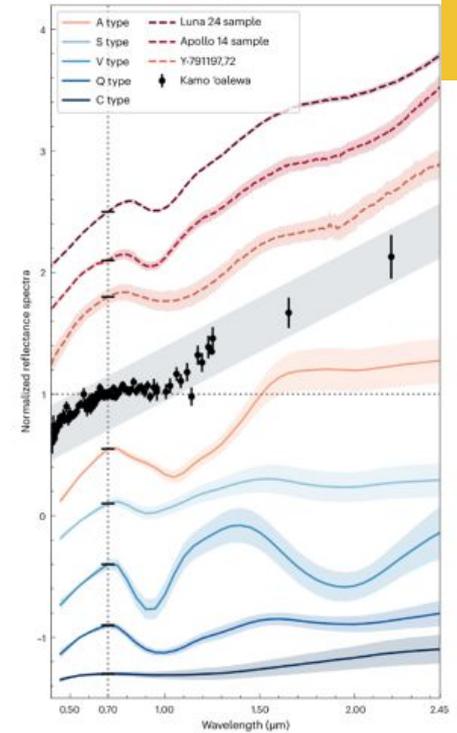
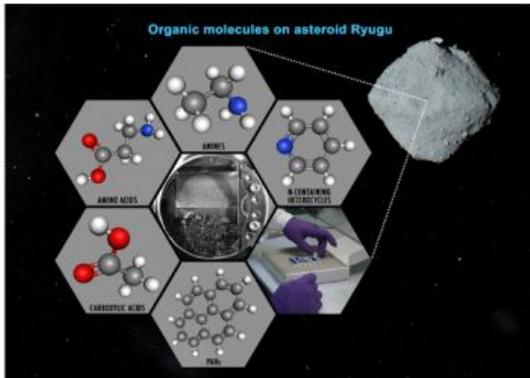
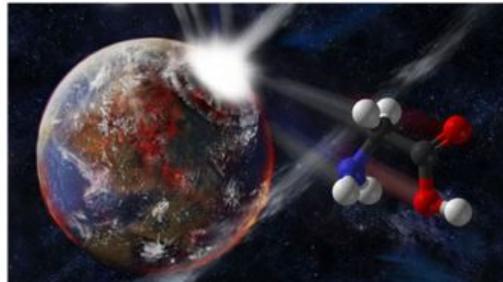
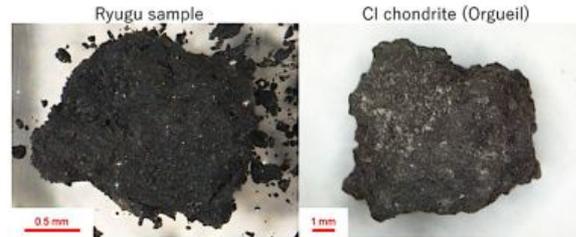
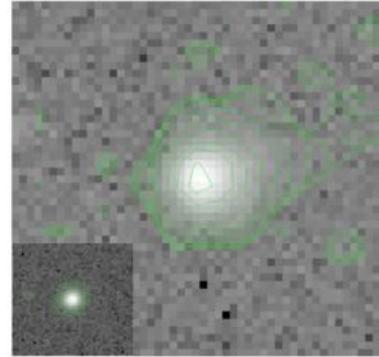
2 ore: comete

Laboratorio:

4 ore: introduzione all'analisi dati

Prova finale:

→ tesina e colloquio



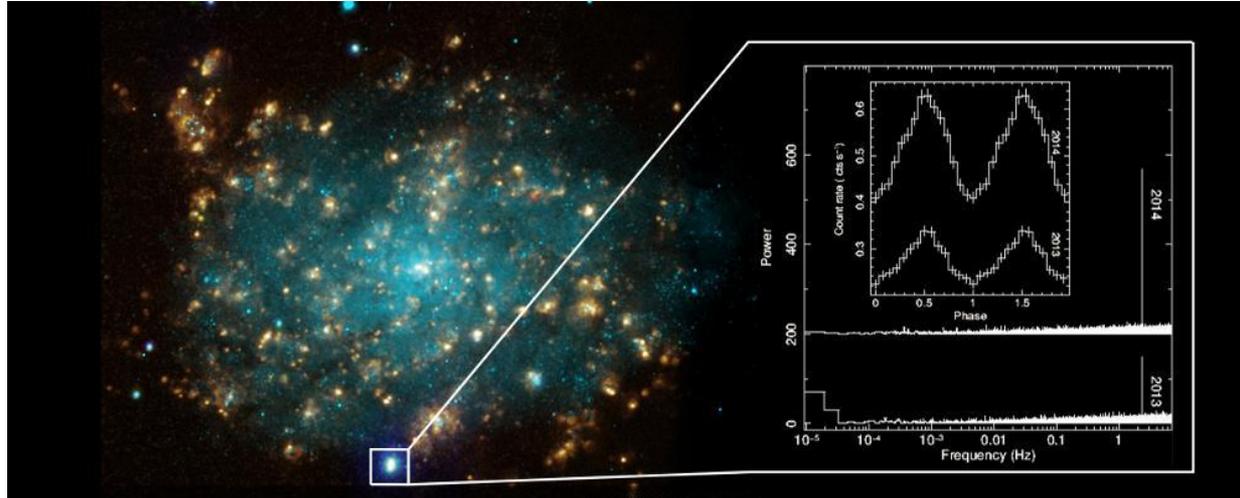
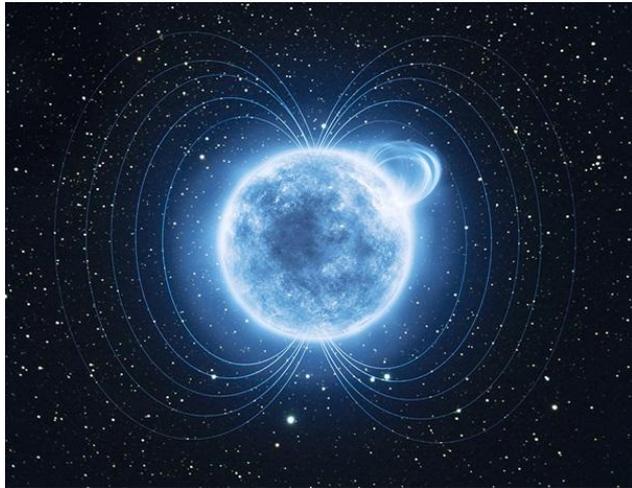
SEGNALI DALLO SPAZIO PROFONDO: LO STUDIO TEMPORALE DELLE PULSAR X

GianLuca Israel, Alessandro Papitto, Filippo Ambrosino

INAF OAR Osservatorio Astronomico di Roma

Per studenti/esse di Triennale/Magistrale. Attivabile con una persona

Le pulsar X sono stelle di neutroni che emettono segnali periodici, una sorta di fari cosmici. La rivelazione di segnali coerenti nei raggi X, che in genere riflettono la rotazione di un oggetto compatto intorno al suo asse di rotazione, riveste un ruolo di importanza fondamentale nello svelare la natura di una sorgente, nel derivare le proprietà principali (come il periodo di spin e orbitale, campo magnetico, massa del sistema) e nel testare i modelli di accrescimento ed evolutivi.



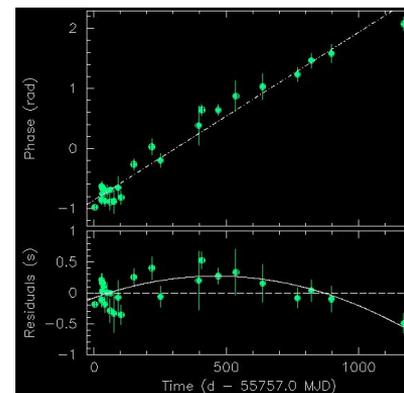
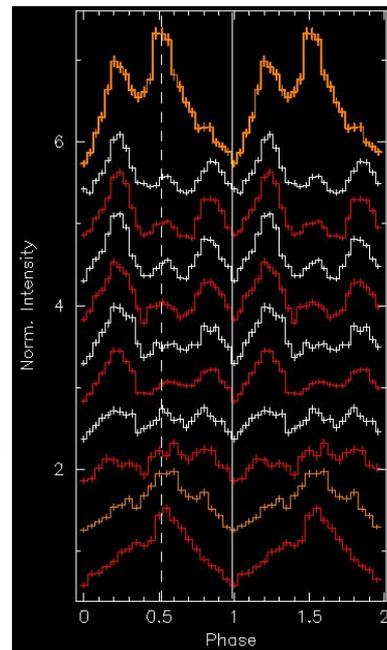
SEGNALI DALLO SPAZIO PROFONDO: LO STUDIO TEMPORALE DELLE PULSAR X

Organizzazione

- **Lezioni teoriche:** 8 ore, 4 incontri (presso la La Sapienza)

Argomenti trattati:

- 1) breve introduzione all'astronomia X e degli oggetti compatti;
 - 2) Variabilità periodica e aperiodica di una curva di luce;
 - 3) La ricerca di segnali coerenti: FFT, rumore statistico (Poissoniano, bassa frequenza, ecc.), frazione pulsata, fase e periodo;
 - 4) Introduzione all'analisi temporale, determinazione dei parametri del segnale di una pulsar X (epoch folding, phase fitting, Rayleigh periodogram, ecc).
 - 5) Determinazione dei parametri orbitali di una pulsar rapida e introduzione alle tecniche di ricerca accelerate e semi-coerenti utili anche nel campo delle GW
- **Lezioni sperimentali:** 6 ore 2/3 incontri (all'[INAF-OAR/Sapienza](#) da concordare)
Durante queste lezioni lo/la studente/ssa analizzerà delle curve di luce di una pulsar X al fine di mettere in pratica quanto appreso nella prima parte del corso e con gli strumenti presentati al fine di trovare il segnale di spin della stella di neutroni e di ottenere i parametri principali del segnale stesso ed eventualmente di classificare la stella di neutroni. Un laptop personale e' consigliato.
 - **Prova finale:** Presentazione dei risultati ottenuti e della metodologia usata



Periodo: Maggio-Giugno/Settembre-Ottobre

gianluca.israel @ inaf.it

Relativistic Jets in X-ray Binaries

Piergiorgio Casella, Francesco Carotenuto

Per studenti e studentesse di: Laurea Magistrale

Periodo: Maggio-Giugno

Ulteriori informazioni: piergiorgio.casella@inaf.it

I getti – fasci di materia collimata accelerata a velocità spesso prossime a quella della luce – giocano un ruolo cruciale in Astrofisica. Sono associati a una vasta gamma di fenomeni di accrescimento, dalle protostelle ai buchi neri

supermassicci, e possono avere un impatto significativo sia sull'oggetto che li genera sia sull'ambiente circostante. Influenzano la chimica del gas interstellare, regolano la formazione stellare e contribuiscono all'evoluzione delle galassie. Tuttavia, nonostante la loro rilevanza, molti aspetti della loro fisica rimangono ancora poco chiari, dai meccanismi di lancio alla loro struttura e dinamica.

Le binarie a raggi X offrono un'opportunità unica per studiarli, poiché il tasso di accrescimento di materia può variare di ordini di grandezza su scale temporali accessibili agli studi umani (da frazioni di secondo ad anni).

In questo percorso si studieranno le basi della fisica dei getti in binarie X, e si apprenderanno i fondamenti della interferometria radio, lavorando su dati recenti di buchi neri in accrescimento, acquisiti con il radio telescopio australiano ATCA (Australian Telescope Compact Array).



Relativistic Jets in X-ray Binaries

Piergiorgio Casella, Francesco Carotenuto



Organizzazione - 8 ore frontali

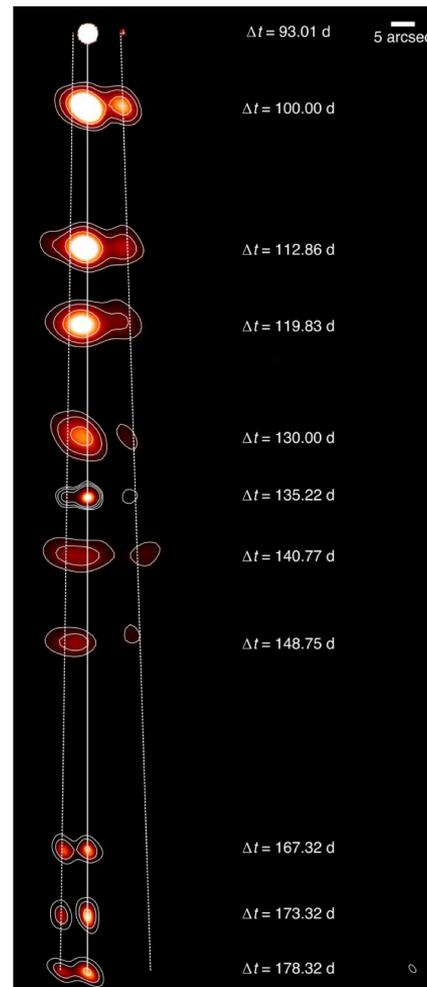
Lezioni frontali teoriche: 4 ore (2 incontri)

- 1) Breve introduzione alle Binarie X: oggetti compatti, spettro multi-banda, evoluzione spettrale, regimi di accrescimento
- 2) Fisica dei getti astrofisici: radiazione di sincrotrone, modello standard, problemi aperti, derivazione di quantità fondamentali dai dati

Lezioni frontali sperimentali: 4 ore (2 incontri)

- 1) Tecniche di interferometria radio
- 2) Riduzione dati: calibrazione, imaging e misure di flusso

Prova finale: Presentazione dei risultati ottenuti e della metodologia usata



Verso la Nuova Era dell'Astronomia Multimessaggera. Esplorare l'Universo Violento: GRB e Kilonovae

Silvia Piranomonte, Andrea Melandri, Enzo Brocato

(INAF - Osservatorio Astronomico di Roma)

Organizzazione: 4 ore teoriche e 6 sperimentali

Destinatari: Studenti Laurea Triennale (LT)/Laurea Magistrale

Lezioni frontali teoriche (4 ore)

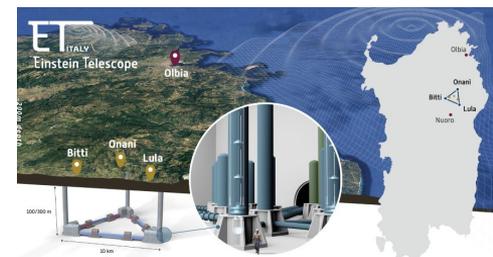
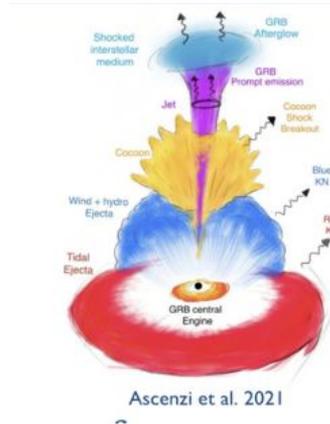
1. *Onde gravitazionali, gamma-ray burst (GRB) e kilonovae (KN) (2 ore)*

Osservazioni e teoria delle sorgenti gravitazionali (binarie di stelle di neutroni e di buchi neri e delle loro controparti elettromagnetiche (gamma-ray burst e kilonovae).

1. *La nuova generazione di rivelatori di onde gravitazionali e telescopi elettromagnetici e loro sinergia (2 ore)*

La prossima generazione di rivelatori di onde gravitazionali, come l'[Einstein Telescope](#) e del loro potenziale nel rivoluzionare l'astronomia multimessaggera. Sinergia con i futuri osservatori elettromagnetici, come il [Vera Rubin Telescope](#).

Implicazioni delle future scoperte sulla fisica fondamentale, con un focus su: (a) osservazione dell'emissione prompt dai GRB, (b) prospettive future per il rilevamento delle kilonovae da fusioni di stelle di neutroni binarie e le informazioni che possono fornire sulla fisica delle stelle di neutroni, e (c) l'impatto dell'astronomia multimessaggera sulla cosmologia e arricchimento chimico dell'Universo.



Verso la Nuova Era dell'Astronomia Multimessaggera. Esplorare l'Universo Violento: GRB e Kilonovae

Silvia Piranomonte, Andrea Melandri, Enzo Brocato

(INAF - Osservatorio Astronomico di Roma)

Lezioni frontali sperimentali: 6 ore in 2/3 incontri (all'[INAF-OAR](#)/Sapienza da concordare)

1) **Elementi di fotometria (3 ore)**

- Elementi di fotometria e spettroscopia
- Indici di colore, magnitudini e curve di luce
- Calibrazione delle immagini astronomiche



2) **Rubin Telescope (3 ore)**

Classificazione fotometrica di KNe e GRB con i dati del Rubin Telescope, con dimostrazioni passo-passo su come accedere e analizzare i dati di Rubin attraverso l'utilizzo dei [broker](#).

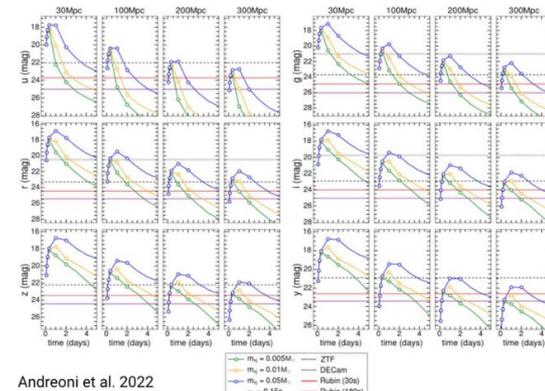
Prova finale:

LT: relazione del lavoro svolto

LM: Estrazione delle curve di luce di kilonovae e/o GRB dai dati del Rubin Telescope

Periodo: Maggio-Giugno/Settembre-Ottobre

Contatto: silvia.piranomonte@inaf.it



Experimental Multimessenger and High-Energy Astrophysics

Docenti: Antonio Stamerra, Alberto Colombo e Alessandro Carosi
 Osservatorio Astronomico di Roma [Contact: antonio.stamerra@inaf.it](mailto:antonio.stamerra@inaf.it)

Studenti: prefer. Magistrale

Contenuti del Corso

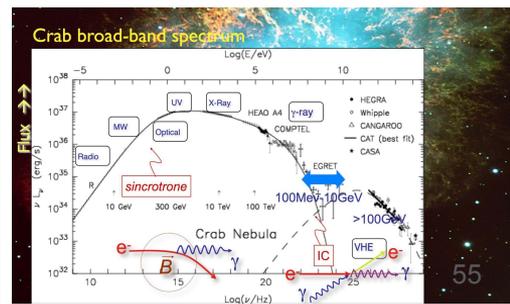
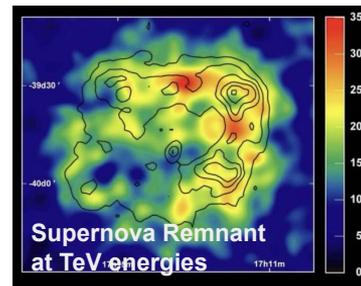
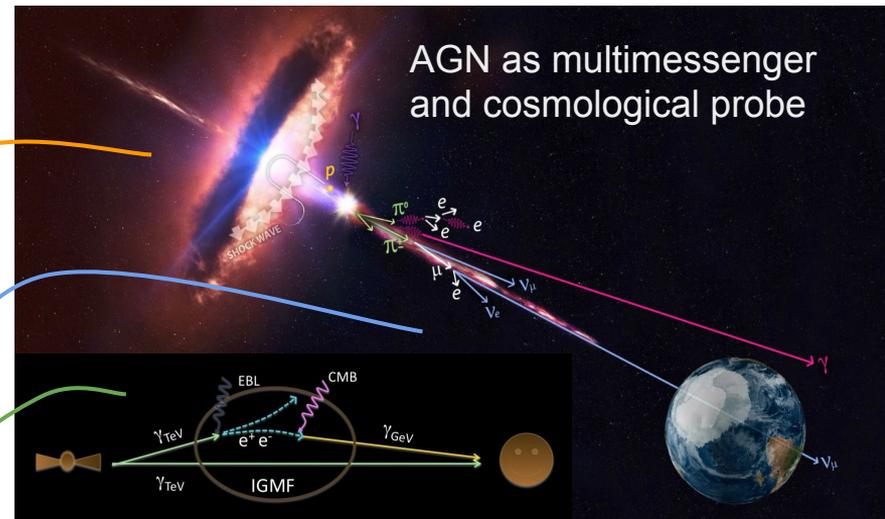
Il mini-corso introduce lo studio delle sorgenti astrofisiche gamma e dei processi che le portano a emettere radiazione ad altissime energie (GeV-TeV-PeV, $10^9 - 10^{15}$ eV).

Le principali sorgenti GeV-TeV sono:

- **Nuclei Galattici Attivi (AGN)** con getti di plasma relativistici, in particolare i blazar (AGN con il getto diretto verso di noi).
- **Gamma-Ray Burst (GRB)** e altri oggetti extra-galattici.
- **Resti di supernovae e pulsar**, appartenenti alla nostra galassia.

Astrofisica multimessaggera. I processi fisici di queste sorgenti sono quelli tipici della fisica delle particelle. Questi processi sono anche associati a fenomeni transienti che determinano la produzione di neutrini energetici (come il recente neutrino da 200 PeV osservato da Km3Net) e alle controparti (come i GRB) delle onde gravitazionali (GW).

Cosmological probes. I TeV-blazar possono essere utilizzati come "fari cosmici" per lo studio dei fondi cosmologici come il fondo luminoso delle galassie (EBL) e i campi magnetici intergalattici (IGMF).



Experimental Multimessenger and High-Energy Astrophysics

Docenti: Antonio Stamerra, Alberto Colombo e Alessandro Carosi
 Osservatorio Astronomico di Roma [Contact: antonio.stamerra@inaf.it](mailto:antonio.stamerra@inaf.it)

Studenti: prefer. Magistrale

Struttura del Corso

Contenuti/argomenti trattati:

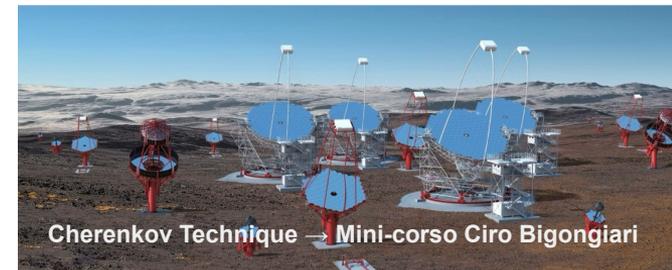
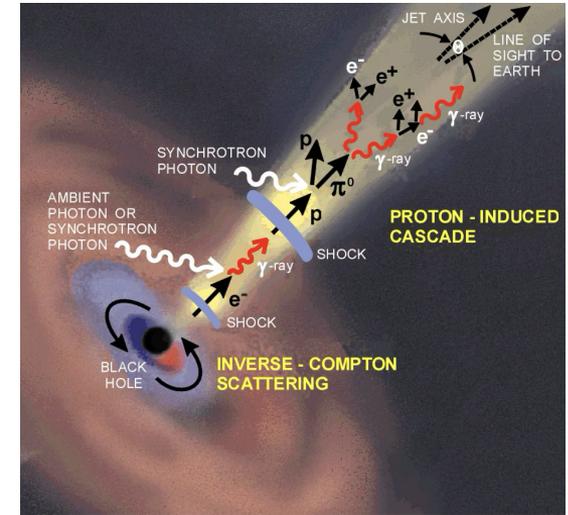
1. Processi fisici e metodi osservativi: introduzione all'astrofisica delle alte energie e alla rivelazione gamma.
2. Processi di emissione ad alta energia: sincrotrone, inverse Compton, emissione adronica, processi di beaming relativistico, SED dei blazar e GRB
3. Fondo cosmico e campi magnetici: extragalactic background light e intergalactic magnetic field, con metodi di misura tramite raggi gamma da blazar.
4. Osservazione multi-messaggera: rivelazione di neutrini astrofisici e onde gravitazionali, controparti elettromagnetiche e connessione con l'emissione gamma.
5. Esercitazione pratica: utilizzo strumenti online di costruzione SED e/o applicativi per la simulazione della propagazione gamma per studi IGMF. (da definire insieme)

Durata: 8 ore frontali + 2 ore pratica

Periodo di svolgimento: Luglio o Settembre

Organizzazione: 4 incontri da 2 ore + 2 ore pratica

Verifica finale: Relazione e colloquio su uno dei temi presentati a scelta.



Osservazione dei raggi gamma ad alta energia con telescopi Cherenkov

10

Docenti: [Ciro Bigongiari](#), [Michele Palatiello](#) e [Angelo Lucio Antonelli](#)
Osservatorio Astronomico di Roma [Contact: ciro.bigongiari@inaf.it](mailto:ciro.bigongiari@inaf.it)

Studenti: Triennale e Magistrale

Contenuti del Corso

Il mini-corso introduce le principali tecniche di osservazione e rivelazione dei raggi gamma di energie tra GeV-TeV-PeV (10^9 eV fino a 10^{15} eV) da sorgenti astrofisiche.

Strumenti principali:

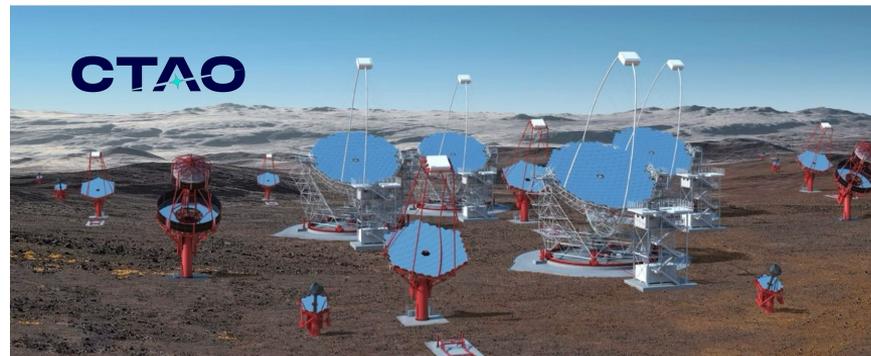
- Osservatori e strumenti su satellite, dallo spazio (*Fermi/LAT*)
- Osservatori e telescopi da terra (IACT, Imaging Air Cherenkov Telescopes)

Sciame Atmosferici iniziati da particelle gamma e raggi cosmici

Tecniche di rivelazione e analisi e misura degli spettri, curve di luce e mappe delle sorgenti.



Le meteore come rappresentazione di uno sciame atmosferico, rivelato dai telescopi Cherenkov.



Osservazione dei raggi gamma ad alta energia con telescopi Cherenkov

10

Docenti: [Ciro Bigongiari](#), [Michele Palatiello](#) e [Angelo Lucio Antonelli](#)
Osservatorio Astronomico di Roma [Contact: ciro.bigongiari@inaf.it](mailto:ciro.bigongiari@inaf.it)

Studenti: Triennale e Magistrale

Struttura del Corso

Contenuti/argomenti trattati:

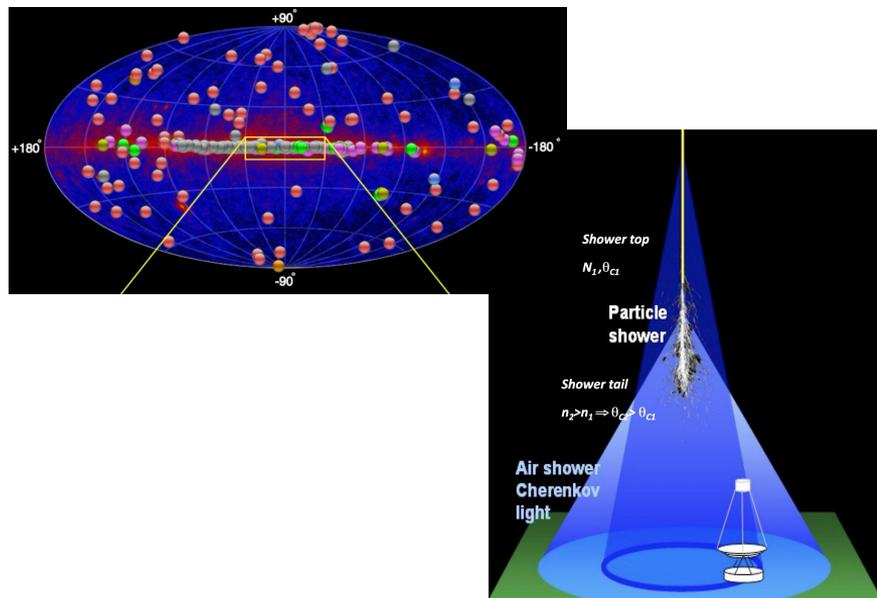
1. Introduzione al cielo nei raggi gamma da GeV a PeV: panoramica generale sugli oggetti e sugli strumenti attualmente in operazione.
2. Introduzione alla tecnica Cherenkov Imaging: utilizzata dai telescopi Cherenkov attuali (MAGIC, VERITAS, H.E.S.S.) e dal futuro Cherenkov Telescope Array (CTA).
3. Rivelazione di raggi gamma di altissima energia (VHE): metodi per la rivelazione di raggi gamma ($E > 20$ GeV) da sorgenti stazionarie e transitorie.
4. Tecniche di analisi dati: valutazione della significatività statistica, estrazione di skymap, curve di luce e spettri.
5. Sessione pratica: esperienza diretta con Gammapy utilizzando eventi simulati CTA da una sorgente gamma di tipo AGN o GRB transitorio.

Durata: 8 ore frontali + 2 ore pratica

Periodo di svolgimento: Luglio o Settembre

Organizzazione: 4 incontri da 2 ore + 2 ore pratica

Verifica finale: Relazione su parte pratica con colloquio.



Instrument Response Function **IRF**

$$\frac{dN_{\gamma}}{dt}(E', \Omega', t') = \int_E \int_{\Omega} \text{IRF}(E', \Omega', t' | E, \Omega, t) \Phi(E, \Omega, t)$$

Detection rate

measured (test beam) or
computed through Monte
Carlo simulations

Comunicare la Scienza

Tecniche di Public Speaking e Divulgazione

docenti: Elisa Nichelli e Marco Faccini
INAF - Osservatorio Astronomico di Roma

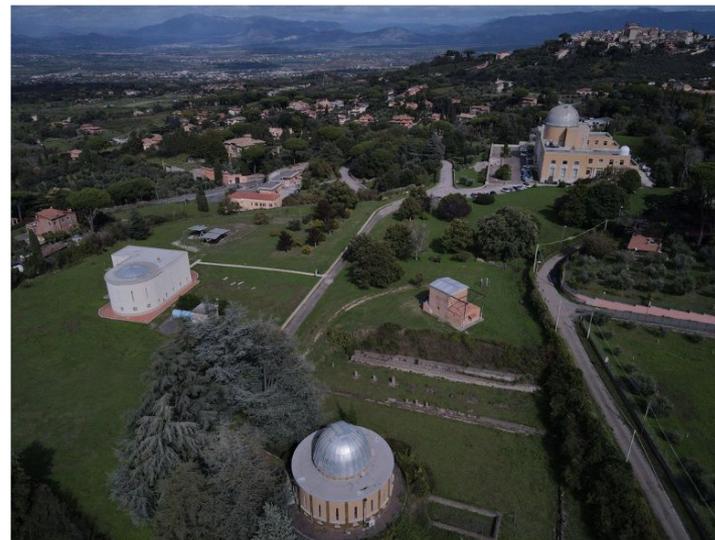
Perché questo corso?

- ✓ Aiuta a comunicare in modo chiaro ed efficace la scienza
- ✓ Migliora la capacità di parlare in pubblico e interagire con il pubblico
- ✓ Fornisce strumenti pratici per scrivere testi divulgativi e usare i supporti visivi

Durata: 8 ore frontali + 25 ore di attività individuale.

Verifica finale: Affiancamento agli esperti dell'Osservatorio Astronomico di Roma in una serata osservativa.

🎯 **Obiettivo:** Sviluppare competenze di comunicazione essenziali per chi si affaccia al mondo della ricerca e della divulgazione scientifica.



Contenuti e struttura del corso

- 1 **Public speaking e strutturazione di un discorso efficace**
- 2 **Uso della voce e del corpo nella comunicazione**
- 3 **Uso dei supporti visivi**
- 4 **Scrittura divulgativa vs scientifica**

Struttura del corso:

- **4 incontri da 2 ore ciascuno** con teoria ed esercizi pratici
- **Periodo:** Maggio - Settembre (flessibile in base al calendario accademico)
- **Verifica Finale:** Partecipazione a una serata osservativa guidata

 **Un corso per chi vuole comunicare la scienza con efficacia e professionalità!**

