

Percorsi di Eccellenza

Lauree in Fisica e in Astrofisica - 2024

04/03/2024, ore 18 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. Francesco Piacentini (lascia la commissione)

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, 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
 -
- 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 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 formativo per il II semestre 2023/24 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%2023_24_0.pdf

MINI CORSI Proposti

1. **A.M. Siani, M. Campanelli, A. Di Bernardino, S. Falasca:** Tecniche osservative e modellistiche per lo studio dell'atmosfera e del clima
2. **Dr.ssa Susanna Bertelli:** Visita ai Laboratori Nazionali INFN di Frascati
3. **Stefano Bovino** <stefano.bovino@uniroma1.it>: Astrochimica
4. **Laura Pentericci** <laura.pentericci@inaf.it>: The art of measuring the physical parameters in galaxies (Astrofisica)
5. **A. Polimeni, L. Baldassarre, M. De Luca, M. Felici, E. Placidi, R. Trotta:** Quantum Mechanics and Nanotechnology
6. **Andrea Giansanti:** Computational Biophysics
7. **Giovanni Organtini:** Fisica con Arduino
8. **Simone Mastrogiovanni e Paola Puppo:** - Detector per onde gravitazionali - Analisi dati per onde gravitazionali
9. **Simone Mastrogiovanni e Marco Drago** - Gravitational Waves Open Data Workshop 2024
10. **Luca Leuzzi:** Teoria della probabilità in Meccanica Statistica da sviluppare tramite focus su Statistical inference, Entropy, o Large deviations
11. **Oreste Pezzi** (ISTP/CNR, oreste.pezzi@istp.cnr.it) e **Simone Benella** (IAPS/INAF, simone.benella@inaf.it): Turbolenza ed intermittenza in plasmi spaziali: simulazioni numeriche ed osservazioni in-situ
12. **Sergio Caprara:** Meccanica Statistica
13. **Ilaria Ermolli, Mariarita Murabito** (INAF OAR Osservatorio Astronomico di Roma) <ilaria.ermolli@inaf.it>: Il Sole e le relazioni Sole-Terra

Assegnazione tutor

I tutor sono:

- **Laurea Triennale 2022-23:** Prof. Giampaolo Pisano
- **Laurea Triennale 2023-24:** Prof. Marco Felici
- **Laurea Magistrale 2023-24:** Prof. Alfredo Urbano

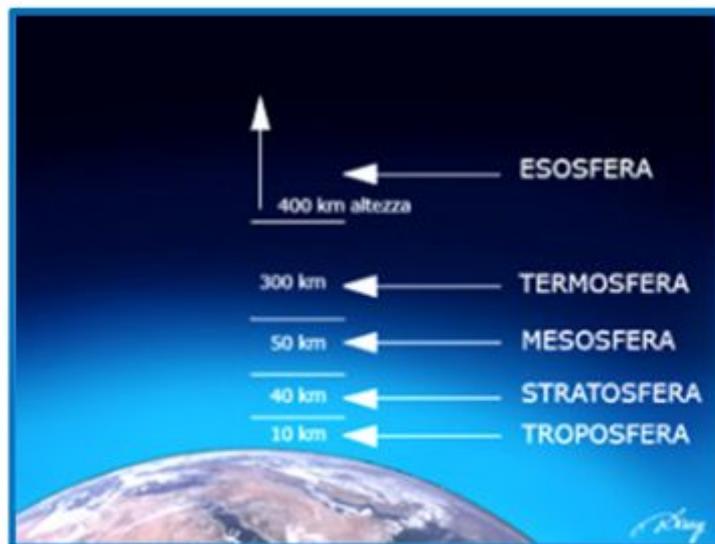
(i tutor non sono i docenti con cui si svolgono le attività di approfondimento)

Inserite le vostre preferenze per le attività, entro il 15 marzo 2024, nel google form

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfQDJ6dJUle9hIRTDQkJ3CPgIOmbN5D_oH5J-pykqPnbPStPw/viewform?usp=sf_link

Mini-corso: Tecniche osservative e modellistiche per lo studio della atmosfera e del clima

Anna Maria Siani (DF), Monica Campanelli (CNR), Annalisa Di Bernardino (DF), Serena Falasca (DF)



L'atmosfera è un immenso e stimolante laboratorio scientifico all'aperto.

Argomenti trattati

Ozono e radiazione UV: presente in quantità relativamente piccole nell'atmosfera terrestre, ruolo cruciale nell'attenuazione della radiazione solare ultravioletta (UV), e nei processi radiativi che controllano il bilancio energetico della Terra. **Telerilevamento** passivo tramite spettrofotometro Brewer.



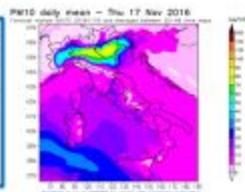
Aerosol atmosferico: l'aerosol atmosferico è un sistema polidisperso di particelle solide e liquide di origine naturale e antropica. Assorbono e riflettono la radiazione solare in funzione delle loro caratteristiche fisiche e chimiche. **Telerilevamento** passivo tramite fotometri solari e lunari.



Vento e turbolenza: ruolo fondamentale nella dinamica atmosferica, nel trasporto e nella dispersione di aerosol, gas e sostanze inquinanti negli strati di atmosfera prossimi al suolo. **Telerilevamento** attivo tramite SODAR.



Grandezze atmosferiche e qualità dell'aria: modellazione della composizione atmosferica e dei moti dell'aria dalla scala locale alla scala globale. Relative applicazioni in ambito ambientale, meteorologico e climatologico. **Modellistica numerica ambientale** in combinazione con le variabile misurate.



Dettagli

Destinatari: studentesse e studenti della laurea Triennale in Fisica

Contenuti: introduzione alle attività osservative dell'atmosfera tramite telerilevamento attivo e passivo da terra e strumenti modellistici per lo studio del clima e dell'ambiente urbano.

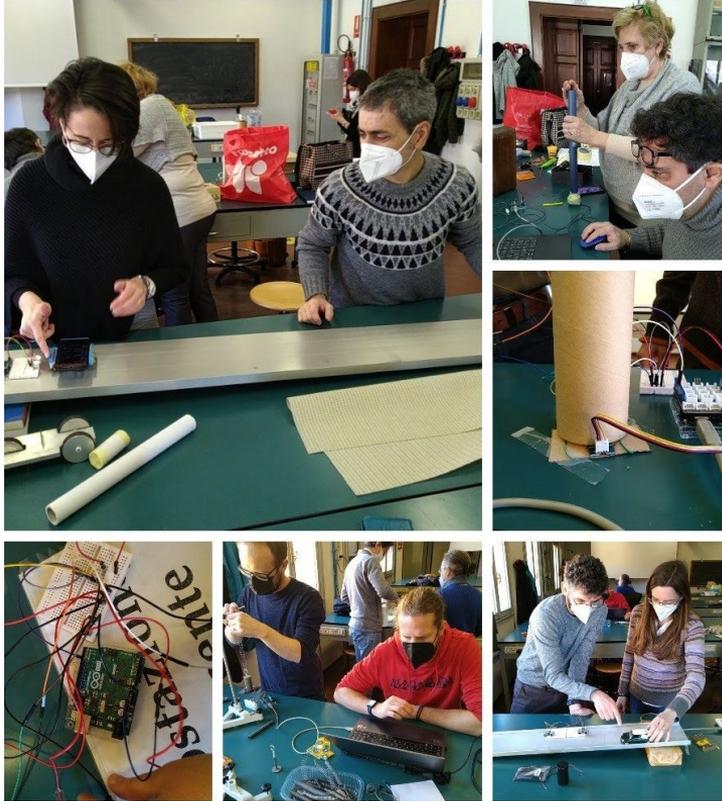
Durata: 8 ore di lezioni frontali (2ore /modulo) + 2 ore visita guidata agli strumenti di telerilevamento attivo e passivo installati sul terrazzo dell'Edificio Fermi (Città Universitaria)

Periodo: Maggio-Giugno

Prova finale: sintetica relazione scritta su domande aperte sui contenuti teorici del mini corso e sull'analisi delle osservazioni dell'atmosfera misurate dagli strumenti di telerilevamento attivo e passivo.

Contatto: annamaria.siani@uniroma1.it

Fisica con Arduino - prof. Giovanni Organtini



- Arduino è un dispositivo col quale si possono acquisire facilmente numerosi dati molto precisi da esperimenti di fisica
- L'utilizzo di Arduino permette di sviluppare le skill per la progettazione di esperimenti: non solo analisi di dati
- Il mini corso proposto è stato svolto, con successo e in diversi formati, in molte Università (Unical, Unina, Unipd, Unipr, Unipg) e scuole (Rovereto, Trieste, Bologna, Roma). Alcune edizioni si sono tenute in istituzioni estere (Washington, Oslo, Parigi)

Organizzazione

- Proposta per mini corso
 - 8 ore di lezione frontale sulla programmazione di Arduino - tecniche avanzate
 - 16 ore di lavoro in laboratorio per la realizzazione di un esperimento
 - Ai partecipanti chiederemo di progettare e realizzare, in sostanziale autonomia, ma con l'aiuto del tutor, un esperimento nel corso del quale si esegue la misura di una grandezza fisica utilizzando Arduino e i sensori che saranno messi a disposizione
 - L'attività si svolge, idealmente, in un FabLab della Fondazione Mondo Digitale (Via del Quadraro)
 - È richiesta la disponibilità a seguire le attività per tre giorni consecutivi nel mese di giugno (data da definire)
 - I crediti si ottengono per mezzo della consegna di un elaborato scritto che sarà discusso alla presenza di una commissione

Organizzazione

- Svolgimento classico (1+2 giorni full time)
 - D1: 4 ore di lezione frontale sulla programmazione di Arduino e l'uso di smartphone per la fisica
 - D1: Progettazione di un esperimento a scelta
 - D2: Shopping session: si acquista il materiale necessario in comuni negozi (casalinghi, ferramenta)
 - D2: Assemblaggio dei materiali per l'esperimento
 - D3: Acquisizione e analisi dei dati
 - D3: Presentazione dei risultati

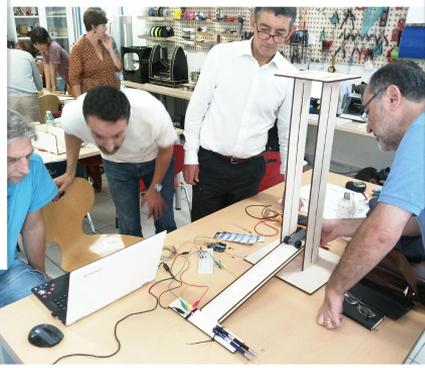
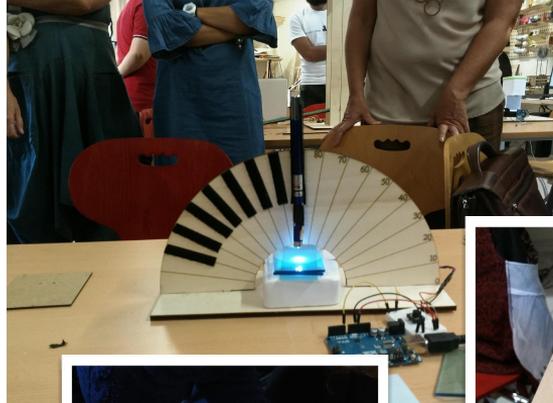
È prevista la consegna di una relazione per la quale possiamo stimare un lavoro di ulteriori 8 ore per un totale di 32 ore.











COMPUTATIONAL BIOPHYSICS

(A BIASED VIEW)

Andrea Giansanti
Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma

andrea.giansanti@uniroma1.it

Proposta di minicorsi (temi di approfondimento)
per il percorso di eccellenza laurea triennale e magistrale in Fisica 2023-24

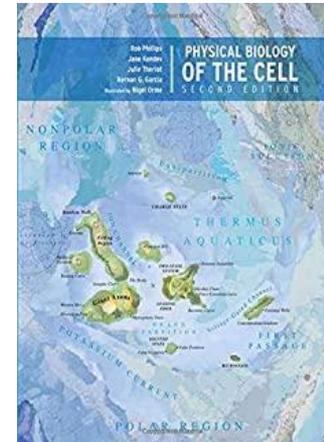
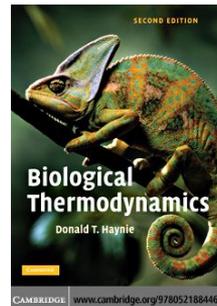
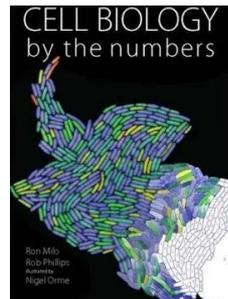
DIPARTIMENTO DI FISICA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Themes

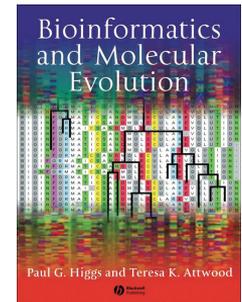
- The epistemological shift at the beginning of XXI century (bottom up vs top down: no more theory **BIG DATA!**)
- **Cell biology by the numbers** (Ron Milo, Rob Phillips, <http://book.bionumbers.org/> Forcing equilibrium statistical physics at the nanoscale (Feynman): **information through fluctuations**)
- The Gillespie Algorithm (1977)
- **Systems Biology and Systems Thinking** (Howard T.Odum): facing 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.



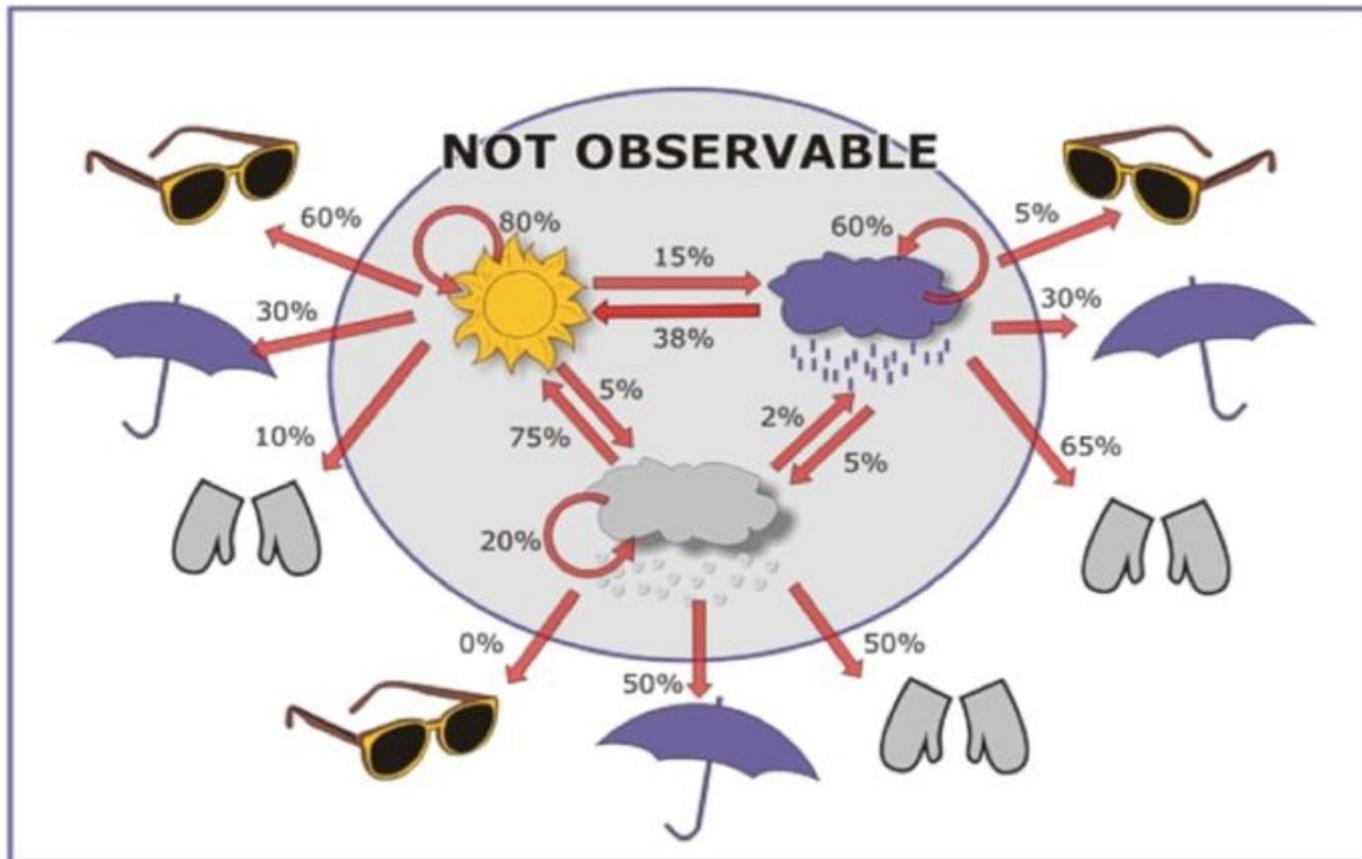
Decoding Hidden Markov Models: ML from protein science to gravitational waves

- hidden Markov models in data and signal analysis: training, learning, decoding
- decoding: Viterbi algorithm
- Bellman's principle of optimality (dynamic programming)
- training: supervised/unsupervised of a HMM on a gapless profile associated to a protein family: Viterbi (minimum action path) vs Baum-Welch (path integral) method .
- recent applications in GW research. ROC curves

A. Melatos, P. Clearwater, S. Suvorova, L. Sun, W. Moran, and
R. J. Evans Phys. Rev. D 104, 042003



Hidden Markov Models



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

3) Grandi deviazioni e termodinamica

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

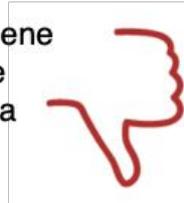
$$\mathbf{y} = \{y\} = \{y_1, y_2, \dots, y_N\}$$

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

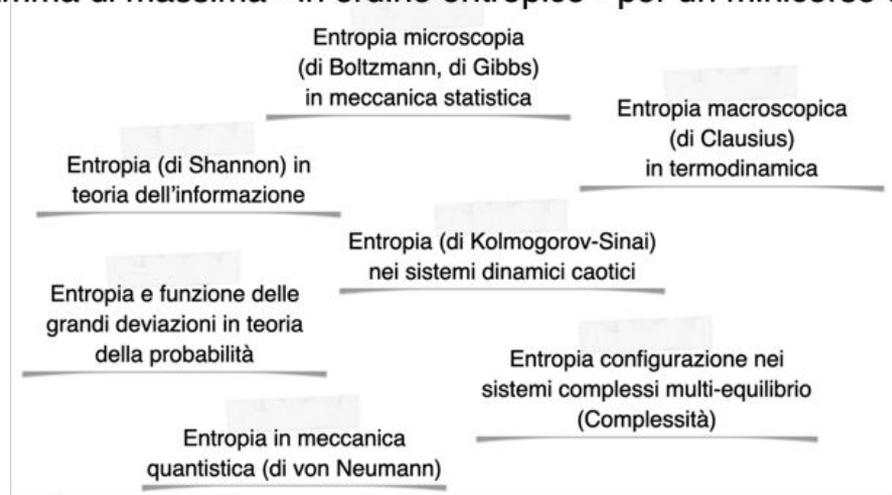
H. Chau Nguyen, Riccardo Zecchina & Johannes Berg (2017)

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

3) Grandi deviazioni e termodinamica

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

Teoria fondamentale delle grandi deviazioni: definizione di GD, distribuzione di probabilità, funzione di (de)crecita, variabili indipendenti e variabili correlate.

Legame con le funzioni generatrici, trasformate di Legendre, teoremi di Cramer, Gartner-Ellis, Varadhan.

Meccanica statistica (di equilibrio) come caso particolare della teoria delle grandi deviazioni, legame tra gli ensemble di equilibrio, significato di entropia, energia libera, potenziale gran-canonic in termini di funzioni di decrescita e funzioni generatrici

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



3) Grandi deviazioni e termodinamica

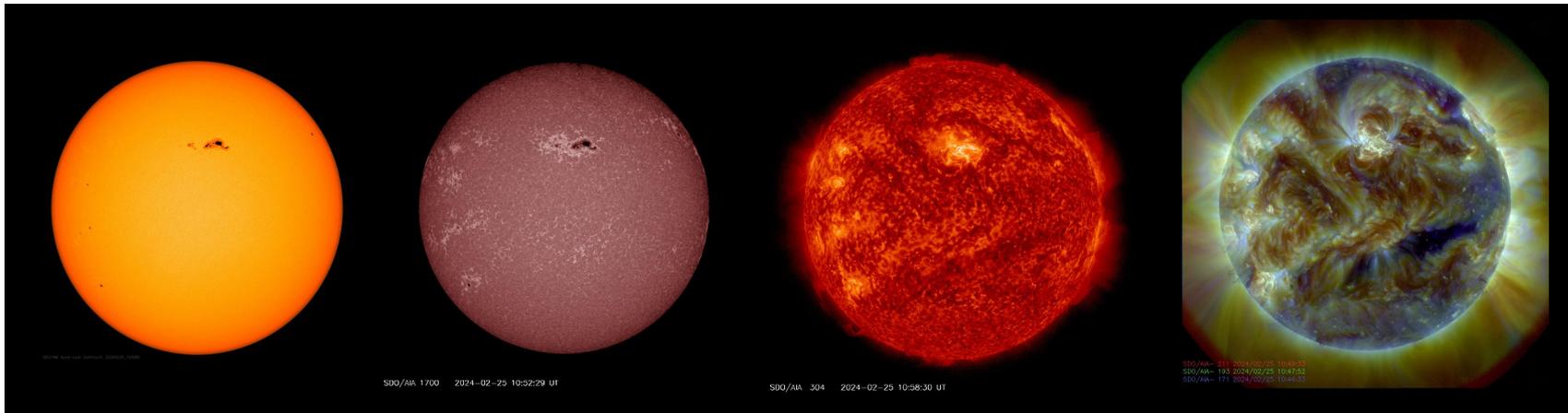
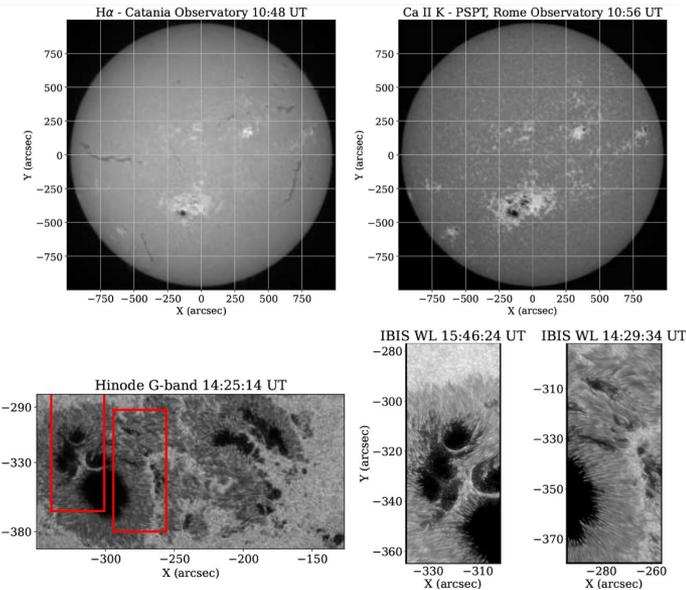


Luca Leuzzi
Istituto di Nanotecnologia,
CNR-NANOTEC, Roma
luca.leuzzi@cnr.it

Il Sole e le relazioni Sole-Terra

Ilaria Ermolli, Mariarita Murabito
INAF OAR Osservatorio Astronomico di Roma

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**.

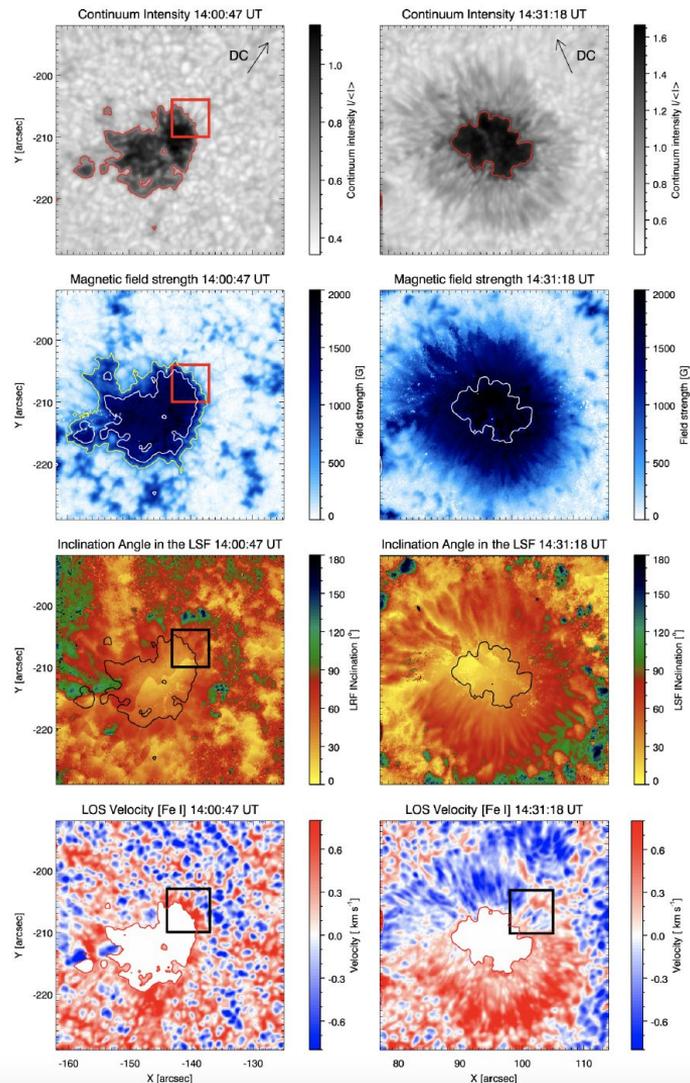


Il Sole e le relazioni Sole-Terra

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:** 6 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



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

L. Pentericci A. Calabrò (Osservatorio di Roma)

Lezioni frontali:

2 ore: introduzione concetti di base sulle popolazioni stellari nelle galassie

2 ore: introduzione concetti di fotometria

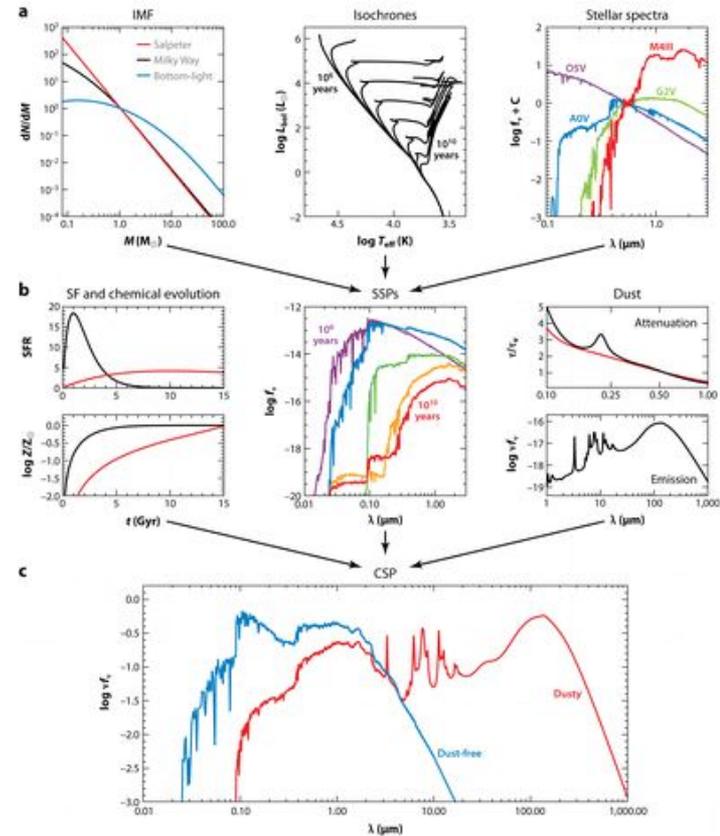
2 ore: tecniche di SED fitting con vari algoritmi

2 ore: applicazione degli algoritmi a semplici dataset

Prova finale:

→ studio delle proprietà di un campione statistico di galassie

Astrofisica extragalattica



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

L. Pentericci A. Calabrò (Osservatorio di Roma)

Lezioni frontali:

2 ore: introduzione concetti di base sulle popolazioni stellari nelle galassie

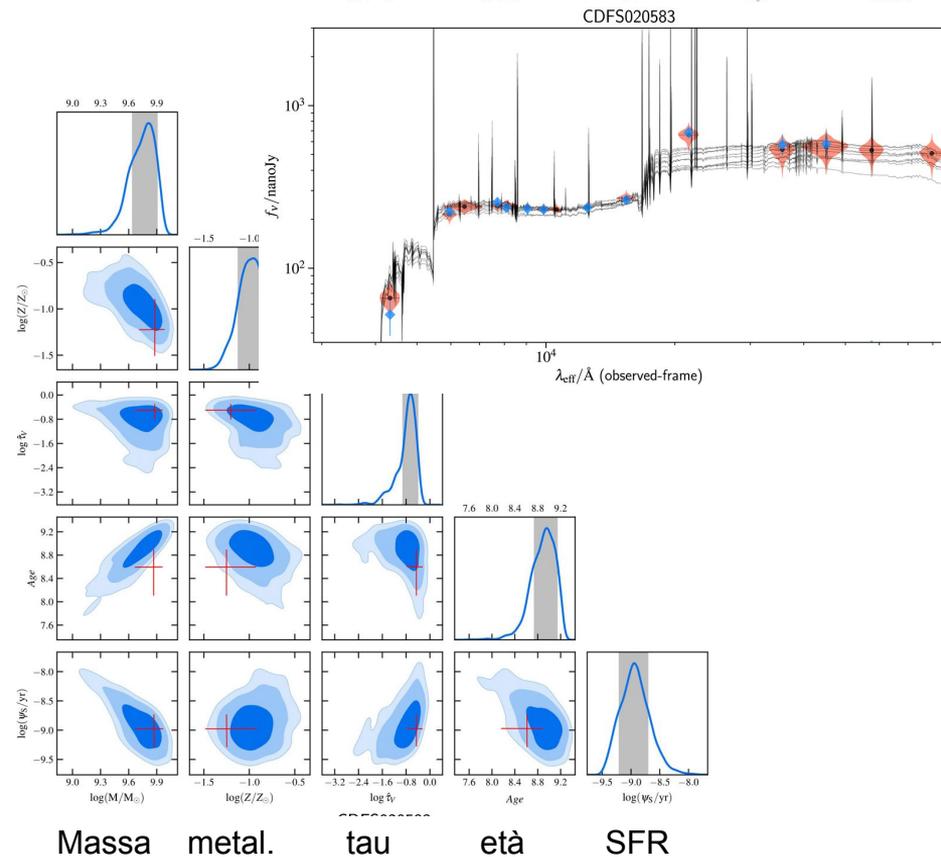
2 ore: introduzione concetti di fotometria

2 ore: tecniche di SED fitting con vari algoritmi

2 ore: applicazione degli algoritmi a semplici dataset

Prova finale:

→ studio delle proprietà di un campione statistico di galassie



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

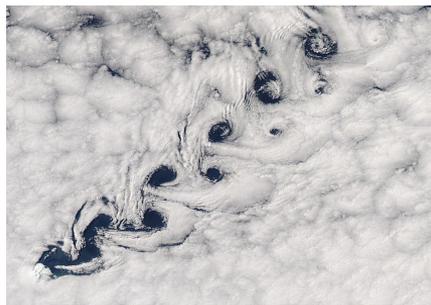
Turbulence is a frequent condition of fluids and plasmas, observed over an embarrassing broad range of scales. It controls important phenomena such as transport, mixing, diffusion and energization, clustering ...



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



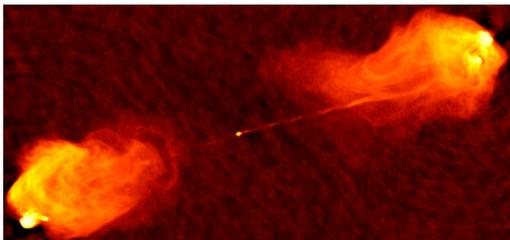
Wakes (<math>< m < /math>-< km < /math>)< /p>



Von Karman vortex
(planetary)< /p>



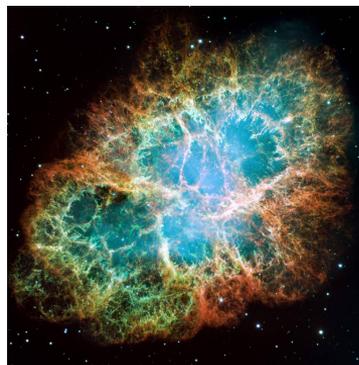
Jupiter
(planetary)< /p>



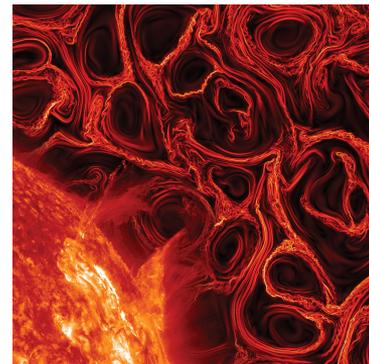
Radio lobes (<math>< Mpc < /math>)< /p>



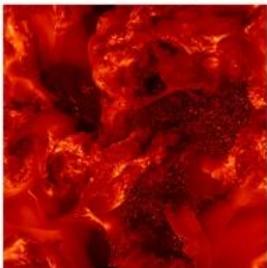
The interstellar medium
(<math>< 100 < /math>-< 1000 < /math> pc)< /p>



Supernova Remnants
(pc)< /p>



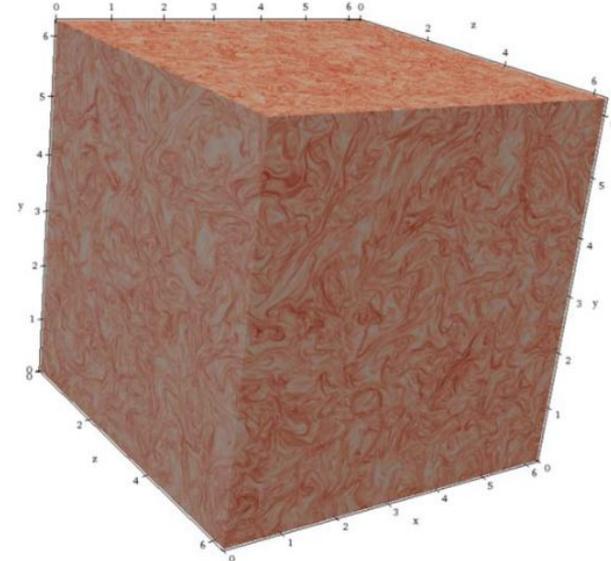
The Sun and the solar
wind (<math>< 100 < /math> AU)< /p>



Black holes
(<math>< 10 < /math>-< 100 < /math> kpc)< /p>

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

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

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

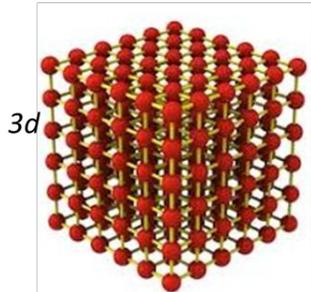
Quantum mechanics applied to semiconductor nanostructures

introductory basic principles of solid state physics

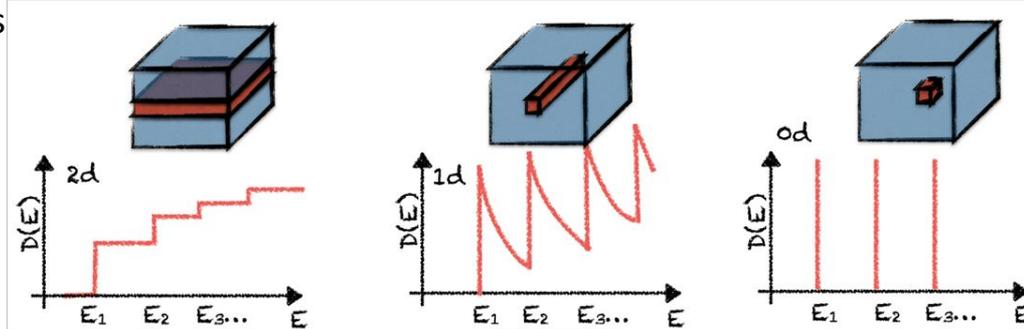
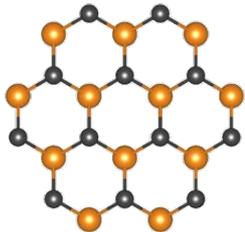
$$\left[-\left(\frac{\hbar^2}{2m^*} \right) \frac{\partial^2}{\partial \mathbf{R}^2} + U(\mathbf{R}) \right] C(\mathbf{R}) \approx [E - E_c(0)]C(\mathbf{R})$$

Toward low dimensionality: from 3D to 0D

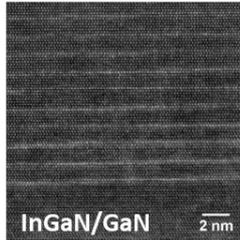
fabrication methods



2D materials



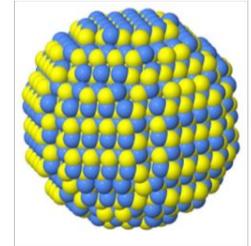
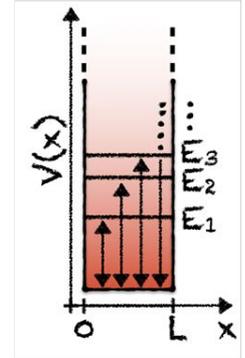
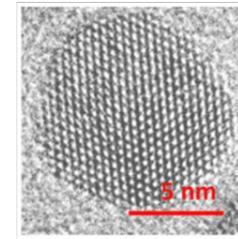
Quantum wells



wires



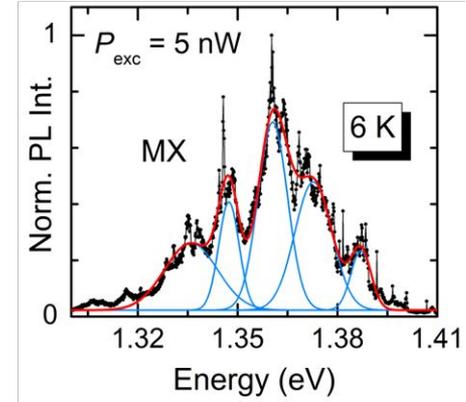
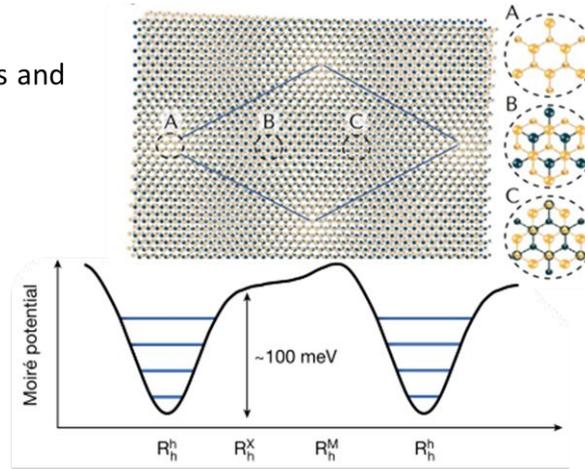
dots



Chemistry Nobel Prize 2023

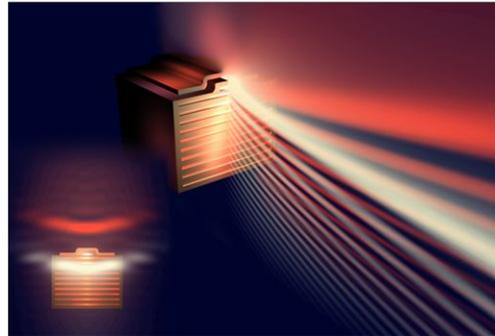
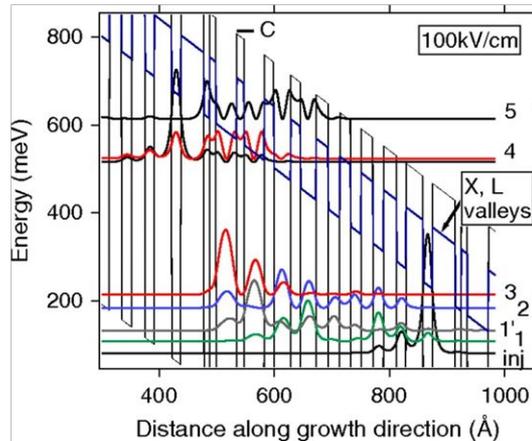
Spectroscopic studies

methodologies, examples and laboratory sessions



and devices

the quantum cascade laser:
operational principles and applications



Astrochimica

Prof. Stefano Bovino

Anno accademico 2023/2024

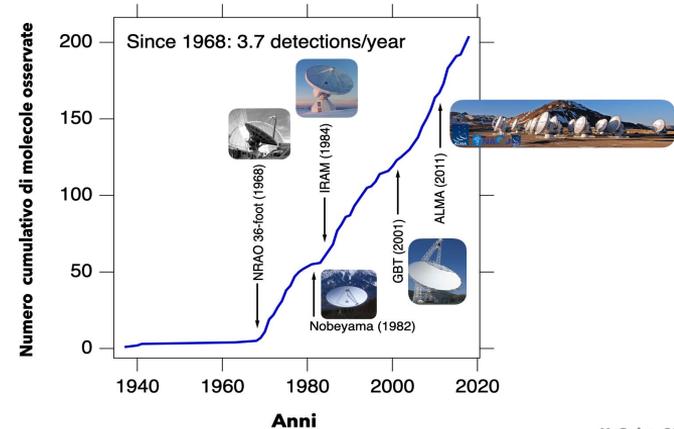
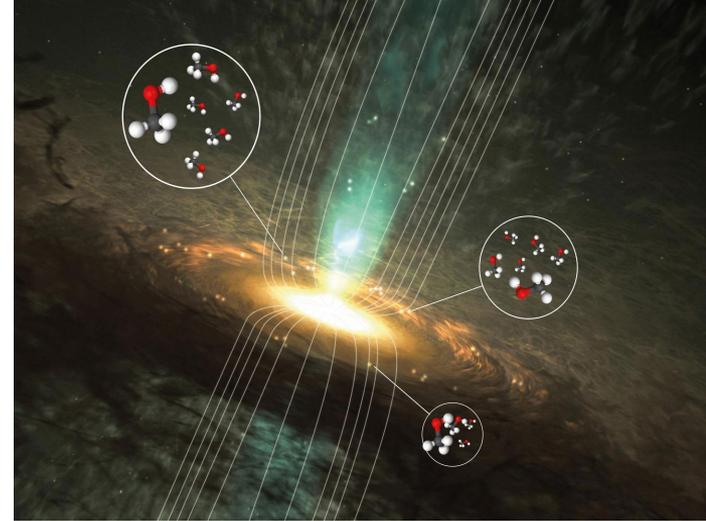
- Mini-corso di 8 ore
- Orientato a studenti del 3 anno triennale e studenti della magistrale
- **Obiettivo:** Introdurre i concetti fondamentali di questa disciplina all'interfaccia tra astronomia e chimica

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



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Percorsi di Eccellenza





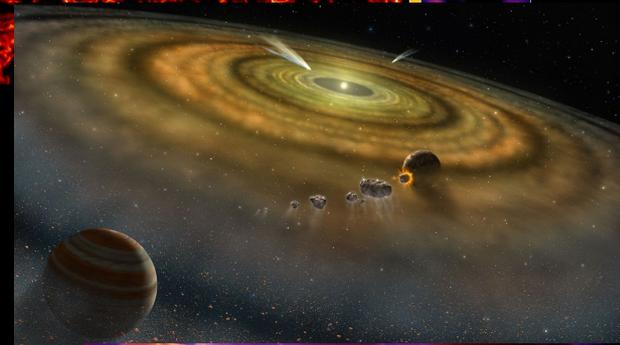
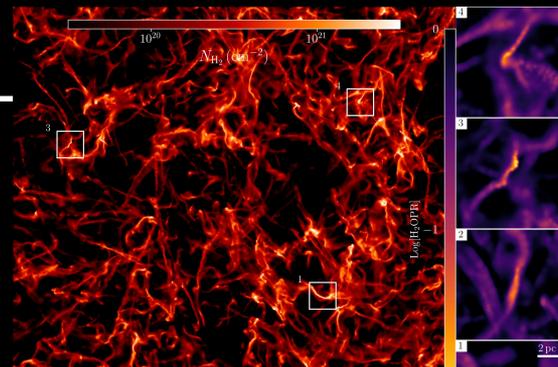
Organizzazione: Astrochimica

Mini-corso di 8 ore , 4 incontri:

1. Introduzione al mezzo interstellare
2. Astrofisica molecolare: chimica, microfisica, e cenni di formazione stellare
3. I tools dell'Astrochimica: osservazioni, simulazioni, esperimenti
4. Hands-on: esercizio computazionale sui modelli*

Quando: da decidere con gli studenti interessati

*dipende dalle conoscenze computazionali dei partecipanti



Introduzione alla teoria delle transizioni di fase e dei fenomeni critici

Prof. Sergio Caprara

Mini-corso di Meccanica Statistica (marzo-maggio 2024)

(III anno Laurea Triennale)

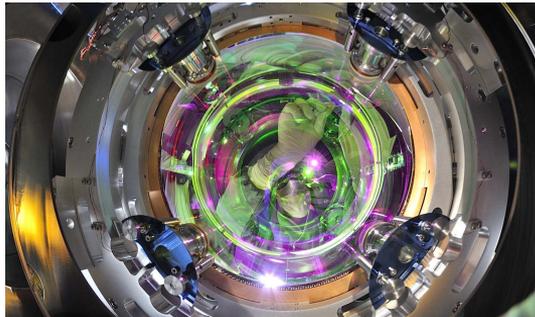
- Gas Reali. Teoria di Van der Waals.
- Separazione di fase e costruzione di Maxwell.
- Transizioni di fase e loro classificazione.
- Modello di Ising. Soluzione esatta in una dimensione spaziale.
- Soluzione di campo medio per il modello di Ising e indici critici di Landau.
- Teoria di Landau. Criterio di Ginzburg.
- Ulteriori argomenti a richiesta di studentesse e studenti

Excellence course on Gravitational Waves science

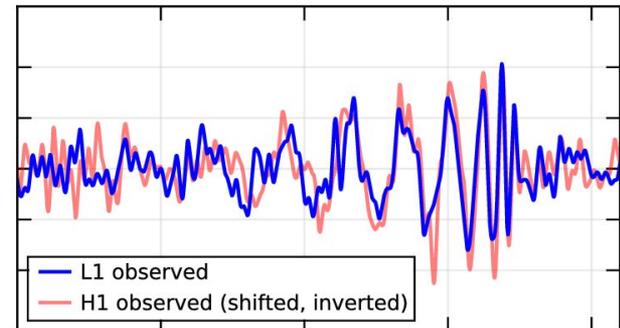
@ The Rome Virgo group (G23)

Contacts:

Paola Puppo
(paola.puppo@roma1.infn.it)
Simone Mastrogiovanni
(mastrosi@roma1.infn.it)



Livingston, Louisiana (L1)



The course is suitable for 3rd year Physics/Astrophysics students (Triennale) and master students (Magistrale).

Scope:

The course aims to introduce to current techniques for the detection of gravitational waves (GWs) with large interferometers together with their data analysis. These detectors push the limits of applications in optics, analogue and digital low-noise electronics and material physics. A particular aspect of modern interferometers is the study of increasingly advanced techniques to reduce thermal noise and the techniques being developed to circumvent the limit given by the quantum nature of the light used in the detector. In the second part of the course the best data analysis techniques and method to find and interpret GW signals will be introduced.

Program:

- 8 lectures of 2 hours over two weeks (16 hours total). 8 hours on experimental techniques, 8 hours on data analysis.
- When? Two weeks on May/June 2024, to be decided with interested students.

Attendance mode:

- **1CFU: Attend all the lectures.** Discuss with a 15 minutes presentation a topic presented during the experimental or data analysis part.
- **2CFU: Attend all the lectures.** Discuss with a 15+15 minutes presentation a topic on experimental **and** data analysis part.

Topics for experimental techniques:

- Introduction on Gravitational Waves and GW sources Prof. P. Rapagnani - 2 hours
- Principles of detection with Michelson interferometers, the Optical cavities and control methods (Ettore Majorana)- 2 hours
- The sensitivity curve, the main noise sources (seismic, thermal noise, optical noise) (Dr. Paola Puppo) - 2 hours
- Methods to reduce noises and improve the sensitivity (Dr. Sibilla Di Pace and Dr. Luca Naticchioni) - 2 hours

Topics for data analysis:

- Introduction to signal processing (Dr. C. Palomba), Searches for persistent and long-transient GW signals and hands-on session (Prof. P. Leaci & S. D'Antonio) - 4 hours
- Searches for modeled and unmodeled transient signals (Prof. M. Drago) - 2 hours
- Physical and Astrophysical implications from current GW signals (Dr. S. Mastrogiovanni) - 2 hours

Gravitational Wave open data workshop



- **Contacts:** Simone Mastrogiovanni (mastrosi@roma1.infn.it), Marco Drago (marco.drago@uniroma1.it)
- **Goal:** Familiarize with technical aspects of LIGO, Virgo KAGRA (LVK) data, apply techniques of signal detection and find real GW signals in data! **Worth 2CFU**
- **Program:**
 - Attend ~10 hours of online remote lectures by LVK scientists (also recorded).
 - Participate to the study hubs @Lab. Calc. NEF on April 18, 19 (14.00-17.00) and on Apr 21 (10.00-12.00).
- **Final Exam:** At the end of the course you will be provided with a Challenge, find hidden GW signals data. Working together in small groups (over the following weeks), find most of them and discuss the procedures used with the teachers.



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: luglio 2024

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 2024

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 ed esperimenti che i partecipanti potranno condurre in prima persona.

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

Docenti disponibili ad approfondimenti individuali

L. Baldassarre	Spettroscopia con radiazione infrarossa (s)
V. Barucci	Argomenti di teoria dei numeri
G. Batignani	Sintesi coerente di impulsi laser ultrabrevi (s)
E. Battistelli	Laboratorio di Astrofisica (s)
R. Capuzzo-Dolcetta	Algoritmi per il calcolo delle interazioni gravitazionali
G. Cavoto	Approfondimenti sulla fisica degli acceleratori di particelle
F. Cesi	Funzionali e operatori lineari
R. Contino	Meccanica Quantistica e Interazioni Elettrodeboli
P. de Bernardis	Argomenti di Cosmologia
G. D'Agostini	
A. De Cecco	
R. Di Leonardo	Micro-idrodinamica (s)
I. Giardina	Argomenti di Meccanica Statistica
L.. Graziani	Argomenti di astrofisica galattica ed extragalattica numerica
S. Giagu	Argomenti di reti neurali
M. Grilli	Fase di Berry
S. Lupi	
E. Marinari	Approfondimenti di Fisica Computazionale
C. Mascia	Leggi di conservazione
G. Montani	Cosmologia primordiale

P. Pani	Relatività generale
E. Pascale	Esopianeti
P. Piazza	Geometria Differenziale
F. Piacentini	Argomenti di Cosmologia Osservativa; elettromagnetismo
A. Pelissetto	Argomenti di Meccanica Quantistica Avanzata
L. Pentericci	Argomenti di astrofisica extragalattica
A. Polimeni	Light emitting graphene-like materials (s)
C. Presilla	
S. Rahatlou	Computing methods for physics
F. Ricci-Tersenghi	Argomenti di meccanica statistica
G. Ruocco	Argomenti di reti neurali
R. Schneider	Argomenti di Astrofisica
F. Sciortino	Argomenti di Fisica molecolare
T. Scopigno	Argomenti di Termodinamica e Teoria dell'informazione
M. Vignati	

NOTA: alcuni docenti potrebbero non essere più disponibili

- 1) Biological Thermodynamics
- 2) Hidden Markov Models (Viterbi algorithm) in the space of biological sequences and searching for patterns in gravitational waves

COMPUTATIONAL BIOPHYSICS

Andrea Giansanti

Dipartimento di Fisica, Sapienza Università di Roma

andrea.giansanti@uniroma1.it

Proposta di minicorsi (temi di approfondimento)
per il percorso di eccellenza laurea triennale e magistrale in Fisica 2022-23

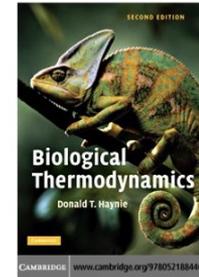
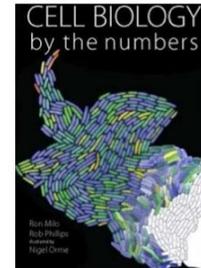
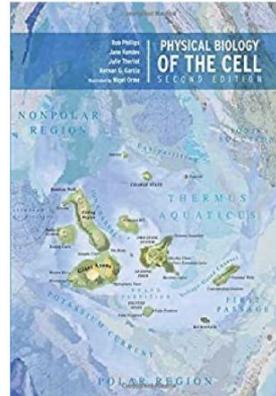
DIPARTIMENTO DI FISICA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Biological Thermodynamics

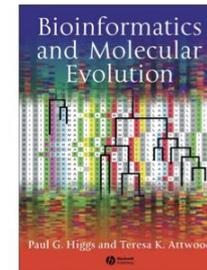
- Biophysics as computational physics at the nanoscale (Feynman)
- Cell biology by the numbers (Ron Milo, Rob Phillips, <http://book.bionumbers.org/> rates and duration, information and errors) Forcing equilibrium statistical physics
- Systems Biology and Systems Thinking (Howard T. Odum): facing non equilibrium situations with integrative models (e.g. plasma cells, myeloma, cancer metabolism)
- Earth's thermodynamics
- It is possible a global history of computational (protein) biophysics? The AlphaFold case.



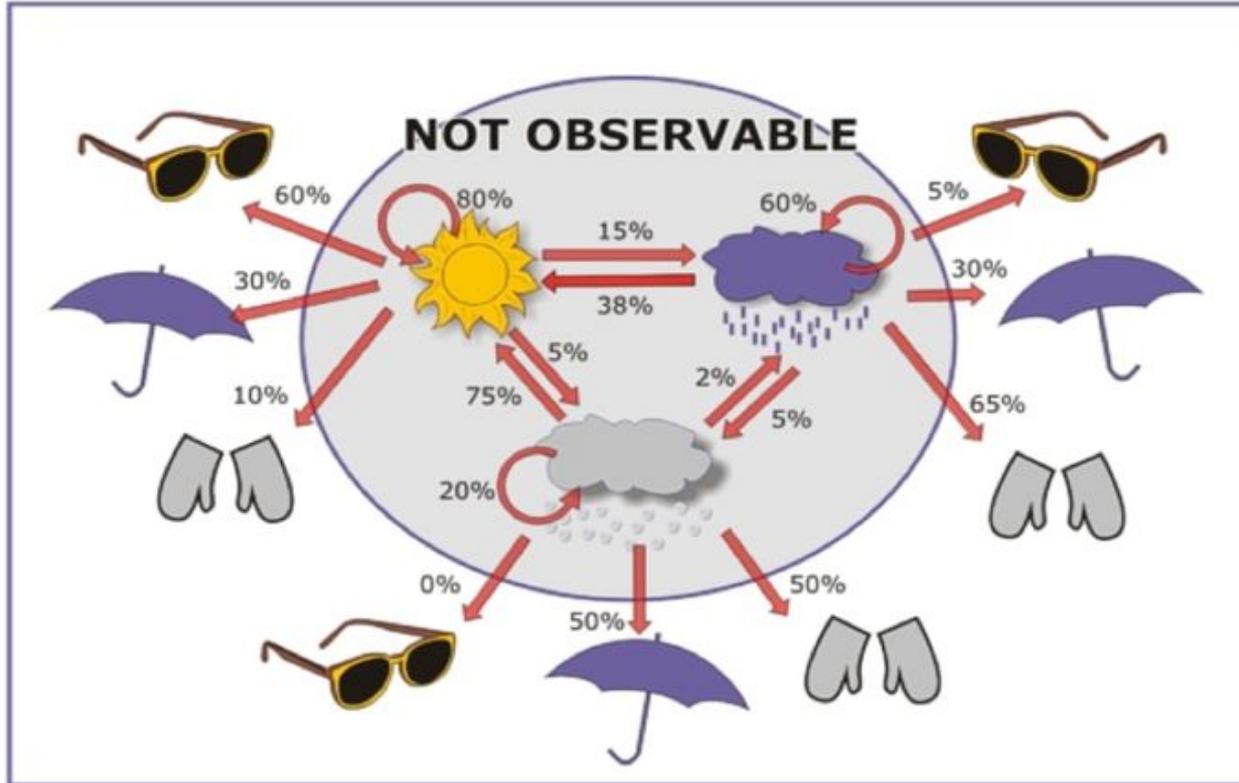
Decoding Hidden Markov Models: from protein science to gravitational waves

- hidden markov models in data and signal analysis: training, learning, decoding
- decoding: Viterbi algorithm
- Bellman's principle of optimality (dynamic programming)
- training: supervised/unsupervised of a HMM on a gapless profile associated to a protein family: Viterbi (minimum action path) vs Baum-Welch (path integral) method .
- recent applications in GW research. ROC curves

A. Melatos, P. Clearwater, S. Suvorova, L. Sun, W. Moran, and R. J. Evans Phys. Rev. D 104, 042003



Hidden Markov Models



The three main questions on HMMs

1. Evaluation

GIVEN a HMM M , and a sequence x ,

FIND $\text{Prob}[x | M]$

2. Decoding

GIVEN a HMM M , and a sequence x ,

FIND the sequence π of states that maximizes $P[x, \pi | M]$

3. Learning

GIVEN a HMM M , with unspecified transition/emission probs.,
and a sequence x ,

FIND parameters $\theta = (e_i(\cdot), a_{ij})$ that maximize $P[x | \theta]$