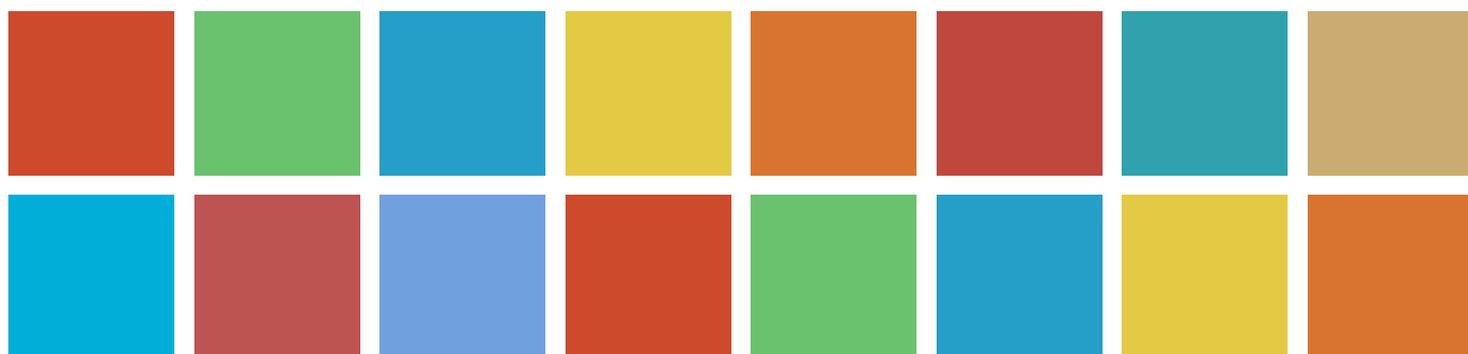




UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI TORINO

010086

# BROCHURE DEI CORSI



Corso di Laurea Magistrale in Fisica dei Sistemi  
Complessi



# Indice

Indice	1
Algoritmi Numerici per la Fisica	4
Asset Pricing and Portfolio Choice	7
Asset Pricing and Portfolio Choice	
Biofisica statistica	10
Statistical biophysics	
Biologia e biologia molecolare	14
Biology and molecular biology	
Calcolabilità e complessità	17
Calculability and complexity	
Complementi di Meccanica Quantistica	21
Complements of Quantum Mechanics	
Complementi di metodi matematici per la Fisica di Sistemi Complessi	24
Complements of mathematical methods for Physics of Complex Systems	
Complementi di struttura della materia	27
Complements of Structure of Matter	
Complessità nei sistemi sociali	30
Physics of the complexity in social systems	
Data Mining: Modellazione Statistica e Apprendimento Automatico dei Dati	34
Data Mining, Statistical Modeling and Machine Learning	
Derivatives	37
Derivatives	
Dinamica dei sistemi estesi	40
Dynamics of extended systems	
Econofisica	43
Econophysics	
Econometrics II	47
Econometrics II	
Economic Real Analysis	50
Economic Real Analysis	
Elementi di fisiologia	53
Principles of Physiology	
Elementi di Teoria dei Giochi e delle reti	56
Introduction to Game Theory and networks	
Fisica della materia A	60
Solid State Physics A	
Fisica della materia condensata	63
Condensed Matter Physics	
Fondamenti di teoria dei campi	66
Foundations of Field Theory	
Games and Decisions	69
Games and Decisions	
Introduzione all'informazione quantistica	73
Introduction to Quantum Information	
Introduzione alla computazione quantistica	77
Introduction to Quantum Computing	
Introduzione alla teoria dei gruppi	80
Introduction to Group Theory	
Laboratorio di fisica della materia	83
Matter Physics Laboratory	
Laboratorio di fluidodinamica	86
Fluid dynamics laboratory	
Laboratorio di fluidodinamica	88

Fluid dynamics laboratory	
Laboratorio di fluidodinamica	91
Fluid dynamics laboratory	
Laboratorio di fluidodinamica	94
Fluid dynamics laboratory	
Laboratorio di fluidodinamica	97
Fluid dynamics laboratory	
Laboratorio di Geofisica computazionale	100
Computational Geophysics Laboratory	
Laboratorio di tecniche avanzate di modellizzazione: Multy Agent Systems (MAS)	103
Laboratory on advanced modeling techniques: Multi Agent Systems (MAS)	
Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate	106
Laboratory of advanced technologies in Physics	
Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate	109
Laboratory of advanced technologies in Physics	
Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate	112
Laboratory of advanced technologies in Physics	
Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate	115
Laboratory of advanced technologies in Physics	
Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate	118
Laboratory of advanced technologies in Physics	
Macroeconomics II	121
Macroeconomics II	
Mathematics for insurance	124
Mathematics for insurance	
Meccanica quantistica II	127
Quantum mechanics II	
Meccanica quantistica relativistica	130
Relativistic Quantum Mechanics	
Meccanica statistica	133
Statistical Mechanics	
Meccanica statistica B	136
Statistical Mechanics B	
Meccanica statistica del disequilibrio: fondamenti e applicazioni	142
Nonequilibrium statistical mechanics: foundations and applications	
Metodi di osservazione e misura	146
Observation and measurement methods	
Metodi matematici per la fisica della complessità	149
Mathematical methods for Physics of Complexity	
Microeconomia II	152
Microeconomics II	
Microeconomics II	155
Microeconomics II	
Modelli matematici per i sistemi complessi	158
Mathematic Models for Complex Systems	
Onde non lineari e Turbolenza	161
Nonlinear waves and turbulence	
Probabilità applicata e processi stocastici	164
Algorithms for optimization and statistical inference	
Processi stocastici per la fisica	168
Stochastic processes for physics	
Relatività generale: aspetti geometrici e globali	171
General Relativity: global and geometrical aspects	
Reti neurali	174
Neural networks	
Seminario sulla comunicazione scientifica	177

Seminary on scientific communication	
Simulation models for economics	180
Simulation models for economics	
Sistemi complessi per la biologia	183
Complex Systems for Biology	
Sistemi dinamici	186
Dynamical Systems	
Sistemi dinamici e teoria del caos	189
Dynamical Systems and Chaos Theory	
Tecniche di analisi numeriche e simulazione	192
Numeric Analysis and Simulation Technology	
Telerilevamento	196
Remote Sensing	
Teoria dei Campi Statistica	199
Statistical Field Theory	
Turbolenza e dispersione	202
Turbulence and dispersion	
Turbolenza e dispersione	205
Turbulence and dispersion	
Turbolenza e dispersione	208
Turbulence and Dispersion	
Turbolenza e dispersione	210
Turbulence and dispersion	
Turbolenza e dispersione	213
Turbulence and dispersion	

## Algoritmi Numerici per la Fisica

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0572
Docente:	Prof. Giovanni Pollarolo (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 670 7230, <i>nanni@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

*English*

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

*English*

### MODALITA' DI INSEGNAMENTO

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=6449;sort=DEFAULT;search=&hits=155](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=6449;sort=DEFAULT;search=&hits=155)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=3881](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=3881)

---



# Asset Pricing and Portfolio Choice

## Asset Pricing and Portfolio Choice

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	
Docente:	Prof. Giovanna Nicodano (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116706073 o 5006, <a href="mailto:giovanna.nicodano@unito.it">giovanna.nicodano@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	9
SSD attività didattica:	SECS-P/01 - economia politica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

*English*

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

Students will be able to answer the following questions:

- How should investors diversify?
- How can a worker smooth consumption during working years and retirement, given income risk?
- Should a worker reduce investment into stocks as retirement approaches?
- Which is the optimal asset allocation for a pension fund?
- Is it possible to predict future asset returns? Are asset returns more easily predictable over a day, a month, a year, a decade? If markets are efficient, how can returns be predictable?
- How do simple portfolio strategies perform relative to optimal ones? How large are gains from market timing? And from enlarging the asset menu to alternatives?

- Should institutional investors with long horizons hold more stocks? How large are gains from long-horizon investing?

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

This course teaches advanced investment management techniques and asset pricing models.

Models of portfolio choice explicitly account for investors' horizons, that can be long as in the case of insurance companies, foundations and sovereign funds, or short such as that of mutual funds. They also exploit return predictability, for both market timing and strategic asset allocation purposes. Last but not least, we discuss investment management for pension purposes.

In the second part, the course deals with the general theory of asset pricing under complete markets. It also presents examples of portfolio strategies based on the cross-section of returns.

The final lectures illustrate portfolio strategies implemented by an asset management company.

The main topics are:

1. Risk diversification
2. Life Cycle Saving and Investing
3. Return Predictability: Stylized Facts
4. Optimal Portfolio Choice, Parameter Uncertainty and Equally Weighted Strategies
5. Alternatives and non-normal returns
6. Long-term asset allocation

## 7. Pricing assets with the stochastic discount factor

### TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

We take for granted basic knowledge of econometrics, microeconomics and investments.

A reading list together with lecture notes will be available on klips at the start of the semester. Some chapters of these textbooks will be useful for reference:

F.J. FABOZZI, S.M. FOCARDI, P.N. KOLM, Financial Modeling of the Equity Market: From CAPM to Cointegration, Wiley, 2006

J.Y. CAMPBELL e L.M. VICEIRA, Strategic Asset Allocation, Oxford Un. Press, 2002

### NOTA

*Italiano*

*English*

Mutuato da: <http://www.masters-finins.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=8bbg;sort=DEFAULT;search=%7bdocente%7d%20%3d~%20%2f%5egnicodan%20%2ev%2e%2fm%20and%20>

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=a321>

---

## Biofisica statistica

### *Statistical biophysics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0743
Docente:	Prof. Alessandro Pelizzola (Titolare del corso)
Contatti docente:	+39-011-0907376, <a href="mailto:alessandro.pelizzola@polito.it">alessandro.pelizzola@polito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Inglese
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

*Italiano*

Fisica statistica

*English*

Statistical Physics

#### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Il corso di propone di introdurre gli studenti ad alcune applicazioni di idee e modelli della fisica statistica a fenomeni biologici. L'accento è posto sui fenomeni cooperativi, sia all'equilibrio termico che fuori di esso, nei polimeri e nei biopolimeri, che vengono modellizzati come sistemi interagenti con molti gradi di libertà.

Conoscenza e comprensione

L'insegnamento forma lo studente alla modellizzazione e all'analisi di problemi complessi nel campo della biologia, fornendo il linguaggio e le conoscenze necessarie nei settori della biofisica molecolare e cellulare e della bioinformatica, e inquadrandole alla luce delle metodologie fisico-statistiche e computazionali.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

L'insegnamento conduce lo studente ad applicare le proprie capacità di modellizzazione e analisi in un contesto fortemente interdisciplinare. Lo studente apprende ad individuare le caratteristiche principali, fisiche e/o informazionali, di un sistema biologico e a tradurle in un modello sulla base del quale formulare delle predizioni.

*English*

The course aims to introduce students to some applications of ideas and models of statistical physics to biological phenomena. The focus is on cooperative phenomena, both at and out of thermal equilibrium, in polymers and biopolymers, which are modelled as interacting systems with many degrees of freedom.

#### Knowledge and understanding

The course teaches the student how to model and analyze complex problems in biology, providing the necessary language and knowledge in molecular and cellular biophysics and bioinformatics, in the framework of statistical physics and computational methodologies.

#### Applying knowledge and understanding

The course leads the students to apply their modelling and analysis skills in a highly interdisciplinary context. Students learn to single out the main physical and informational features of a biological system and to translate them into a model on the basis of which predictions can be formulated.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

#### *Italiano*

Lo studente deve acquisire alcuni elementi di base della biologia molecolare e deve imparare ad applicare le tecniche della fisica statistica ad alcuni problemi della fisica dei sistemi biologici, principalmente nel campo dei biopolimeri.

#### *English*

The student must acquire some basic elements of molecular biology and must learn to apply the techniques of statistical physics to some problems from the physics of biological systems, mainly in the field of biopolymers.

### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

#### *Italiano*

Lezioni frontali, utilizzando principalmente slides per l'introduzione alla biologia molecolare e sia lavagna che slides per il resto del corso. Dopo aver trattato ciascun argomento vengono proposti dei problemi, che vengono poi risolti dopo qualche lezione, in modo che gli studenti abbiano il tempo per provare ad affrontarli autonomamente.

#### *English*

Frontal lectures, using mainly slides for the introduction to molecular biology, and a mixture of blackboard and slides for the rest of the course. Problems are proposed after completing each topic and then solved after a few lectures, so that students have time to try and find their own solutions.

### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

#### *Italiano*

Esame orale. La prova tipicamente consiste di domande su 2-3 argomenti, il primo dei quali è scelto dallo studente. La durata è tipicamente dell'ordine dei 40 minuti.

#### *English*

Oral test, typically involving questions on 2-3 topics, the first one being chosen by the student. The duration is typically around 40 minutes.

### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

#### *Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

Introduzione alla biologia molecolare: la cellula, piccole molecole, proteine e acidi nucleici.  
Tiraggio di una singola molecola di DNA: esperimenti, la catena Freely Jointed, la catena unidimensionale cooperativa, la catena worm-like.  
Denaturazione termica del DNA: esperimenti, modello zipper, modello di Poland-Scheraga.  
La transizione elica-coil.  
Collasso dei polimeri: teoria di Flory.  
Collasso dei polimeri semiflessibili: modelli reticolari e il modello a tubo.  
Cammino autoevitante e modello  $O(n)$ .  
Introduzione al folding e al design delle proteine.  
Folding dell'RNA e struttura secondaria.  
Unfolding meccanico di proteine e RNA.  
Motori molecolari.  
Fisica delle regolazione genica.  
Membrane a doppio strato autoassemblanti.

*English*

Introduction to molecular biology: the cell, small molecules, proteins and nucleic acids.  
Stretching a single DNA molecule: experiments, the Freely Jointed Chain, the one-dimensional cooperative chain, the worm-like chain.  
DNA melting: experiments, zipper model, Poland-Scheraga model.  
The helix-coil transition.  
Polymer collapse: Flory's theory.  
Collapse of semiflexible polymers: lattice models and the tube model.  
The self-avoiding walk and the  $O(n)$  model.  
An introduction to protein folding and design.  
RNA folding and secondary structure.  
Protein and RNA mechanical unfolding.  
Molecular motors.  
Physics of genetic regulation.  
Self-assembling bilayer membranes.

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

K. Sneppen and G. Zocchi, Physics in molecular biology, Cambridge  
P. Nelson, Biological Physics, Freeman  
B. Alberts et al, Molecular biology of the cell, Garland

Slides e appunti del docente vengono messi a disposizione degli studenti.

*English*

K. Sneppen and G. Zocchi, Physics in molecular biology, Cambridge

P. Nelson, Biological Physics, Freeman

B. Alberts et al, Molecular biology of the cell, Garland

Lecture notes and slides will be provided.

**NOTA**

*Italiano*

Il corso si svolge nella seconda metà del secondo semestre, presso il Politecnico di Torino.

La frequenza è facoltativa, ma fortemente consigliata.

*English*

The course is held at Politecnico di Torino, in the second half of the second semester.

Attendance is not compulsory but strongly recommended.

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=ab32](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=ab32)

---

## **Biologia e biologia molecolare**

### *Biology and molecular biology*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0366
Docente:	Prof. Michele De Bortoli (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116705058, <i>michele.debortoli@unito.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	BIO/11 - biologia molecolare
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Scritto ed orale

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Le informazioni su programma, crediti, orari ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza

Tutte le attività del corso e tutte le lezioni sono disponibili a: <http://ph.i-learn.unito.it/course/view.php?id=117>

Iscrivetevi sulla piattaforma moodle appena possibile!

L'iscrizione a Moodle è essenziale anche perchè la prima parte dell'esame sarà svolta su Moodle.

Sullo stesso sito si troverà anche un test di prova.

### *English*

The information about programme, credits, schedule and examination calls are available clicking on the item "avvalenza".

All the activities of the course and all the lessons are available at: <http://ph.i-learn.unito.it/course/view.php?id=117>

Please register on the platform moodle as soon as possible!

The registration for Moodle is essential also because the first part of the exam will be performed on Moodle.

On the same website there is a test examination as well.

Mutuato da: <http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=2ab9;sort=DEFAULT;search=%20{ccl}%20%3d~%20m%2fLaurea%20Magistrale%20in%20Fisica%20ind.%20Fisi>

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=b1e9>

---

## Calcolabilità e complessità

### *Calculability and complexity*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0369
Docente:	Lavinia Egidi (Titolare del corso)
Contatti docente:	
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	INF/01 - informatica
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### **PREREQUISITI**

##### *Italiano*

Conoscenza di fondamenti di programmazione, logica, analisi e, preferibilmente, architetture di elaboratori e linguaggi formali. Per la frequenza del corso: capacità di programmazione in Java (non richiesta per sostenere l'esame)

##### *English*

Knowledge of basic aspect of programming, logic, calculus and, preferably, of computer architectures and formal languages

#### **PROPEDEUTICO A**

##### *Italiano*

##### *English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

##### *Italiano*

Il corso mira ad insegnare le basi teoriche dell' Informatica, sottolineando l'esistenza di problemi indecidibili e di problemi che richiedono troppe risorse per essere trattati in pratica.

##### *English*

The course aims at teaching the theoretical bases of Computer Science, with stress on the existence of undecidable problems and of problems that require too many computational resources to be practically treated.

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

##### *Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

L'attività in laboratorio è parte essenziale del corso (non si tratta di esercitazioni ma di vere e proprie lezioni). Agli studenti è richiesto di realizzare simulatori di diversi modelli di macchina di Turing in Java (a partire da codice già disponibile), di implementare macchine di Turing, e di implementare in Java le costruzioni che sono alla base delle dimostrazioni di molti teoremi. Lo scopo dell'attività in laboratorio è permettere agli studenti di raggiungere una comprensione più profonda dei modelli studiati, e delle simulazioni presenti in quasi tutte le dimostrazioni di teoremi. L'attività di programmazione serve solo per aiutare alla comprensione e non è richiesta la consegna degli esercizi svolti (il docente è disponibile a fornire un sotto-insieme degli esercizi svolti in laboratorio realizzabili utilizzando un qualunque linguaggio di programmazione di alto livello).

*English*

Activity in lab will be an essential part of the course. The students will be requested to realize in Java simulators of various Turing machine models (most of the code is provided), to implement Turing machines' code, and to implement in Java the constructions that are at the heart of the proofs of many theorems. The aim of the lab activity is allowing the students to reach a deeper understanding of the models studied, and of the simulations present in almost all the proofs of the theorems presented. The programming activity is intended as a means to enhance comprehension of the material, students are not required to submit the completed exercises (upon student's request, a subset of the lab exercises are available that can be implemented using any high level programming language)

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

Calcolabilità

- Macchine di Turing
- Funzioni calcolabili secondo Turing
- Insiemi ricorsivi e ricorsivamente enumerabili
- Tesi di Church
- Diagonalizzazione
- Indecidibilità

### Complessità

- Misure di complessità, crescita asintotica di funzioni, modelli e rappresentazione di problemi
- Teorema di accelerazione lineare
- Macchine di Turing non deterministiche e modello Guess&Verify
- Le classi P ed NP, problemi in NP, riduzioni polinomiali, problemi NP-completi, SAT, Teorema di Cook reductions, NP-complete problems, SAT, Cook's Theorem
- Complessità in termini di spazio, relazioni tra classi di complessità in termini di spazio e di tempo; Teorema di Savitch
- Teoremi della gerarchia temporale e spaziale (e funzioni time- e space-constructible)
- Macchine di Turing e la gerarchia di Chomsky
- Esistenza di linguaggi non in P

### English

#### Computability

- Turing Machines
- Turing computable functions
- Recursive and recursively enumerable sets
- Church's Thesis
- Diagonalization
- Undecidability

#### Complexity

- Complexity measures, rates of growth, models and representation of problems.
- Linear Speedup Theorem
- Non deterministic Turing machines and the Guess&Verify model
- The classes P and NP, problems in NP, polynomial reductions, NP-complete problems, SAT, Cook's Theorem
- Space complexity, relations between space and time complexities; Savitch's Theorem
- Time and space Hierarchy Theorems (and time- and space-constructible functions)
- Turing machines and the Chomsky hierarchy
- Existence of languages not in P

### TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

#### Italiano

- Thomas A. Sudkamp, Languages and Machines, Pearson International Edition, 2006
- materiale aggiuntivo disponibile sul sito DIR del corso
- Per l'NP-completezza può essere utile: Garey-Johnson, Computers and Intractability, Freeman, 1979

#### English

- Thomas A. Sudkamp, Languages and Machines, Pearson International Edition, 2006
- additional material available on the DIR site
- For NP-completeness, the following is useful: Garey-Johnson, Computers and Intractability, Freeman, 1979

**NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=912b>

---

# Complementi di Meccanica Quantistica

## *Complements of Quantum Mechanics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0573
Docente:	Prof. Mauro Anselmino (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116707227, <a href="mailto:mauro.anselmino@unito.it">mauro.anselmino@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=981e;sort=DEFAULT;search=&hits=155](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=981e;sort=DEFAULT;search=&hits=155)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=c7c6](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=c7c6)

---

## Complementi di metodi matematici per la Fisica di Sistemi Complessi

### *Complements of mathematical methods for Physics of Complex Systems*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	
Docente:	Dott. Paolo Aschieri (Titolare del corso)
Contatti docente:	0131360380 - 0116707241, <i>aschieri@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	
SSD attività didattica:	
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Il corso è di 4 ore ed è di didattica integrativa al corso di metodi matematici per la fisica dei sistemi complessi

*English*

The course lasts 4 hours and it deals with didactics supplementary to the course of mathematical methods for physics of complex systems.

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=tm05](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=tm05)



## Complementi di struttura della materia

### *Complements of Structure of Matter*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	FIS0025
Docente:	Prof. Maria Benedetta Barbaro (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 670 7240, <i>barbaro@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/03 - fisica della materia
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=f1d1;sort=DEFAULT;search=;hits=155](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=f1d1;sort=DEFAULT;search=;hits=155)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=ead5](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=ead5)

---

## Complessità nei sistemi sociali

### *Physics of the complexity in social systems*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0770
Docente:	Dott. Daniela Paolotti (Titolare del corso) Dott. Michele Tizzoni (Titolare del corso)
Contatti docente:	<i>daniela.paolotti@isi.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

#### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Acquisizione delle conoscenze e delle tecniche più importanti di meccanica statistica e di fisica teorica per lo studio dei sistemi complessi con particolare attenzione ai sistemi sociali.

Sviluppo di strumenti informatici per l'analisi e la modellizzazione delle reti.

*English*

Acquirement of the most important knowledge and techniques on Statistical Mechanics and on Theoretical Physics for the study of complex systems paying specific attention to social systems. Development of computer tools for the analysis and the modelization of the nets.

#### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

Gli studenti acquisiranno le competenze di base, sia teoriche che computazionali, tramite il paradigma delle reti complesse per lo studio dei fenomeni sociali e dei processi dinamici che li riguardano.

*English*

The students will acquire the basic knowledge, both theoretical and computational, by means of the paradigm of complex nets for the study of social phenomena and dynamic processes which concern them.

### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

Lezione frontale con slide power point a supporto della spiegazione

*English*

Classroom-taught lectures using Power Point slides to support the teaching.

### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

L'esame si svolgerà nel laboratorio informatico e consisterà in una serie di tasks da svolgere e domande a cui rispondere, con le conoscenze acquisite a lezione nell'ambito dei vari topics presentati. Agli studenti viene data la possibilità di portare un approfondimento (articolo, programma informatico etc) su una parte a scelta del corso.

*English*

The exam will take place in the computer laboratory and will consist in fulfilling a set of tasks and in answering questions, using the knowledge acquired during classes with regard to the various topics presented. The students have the chance to present an additional study (article, computer programme etc) about a chosen topic of the course.

### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

Un terzo delle ore del corso sarà dedicato a lezioni interattive nel laboratorio di informatica volte a introdurre agli studenti l'aspetto computazionale delle tematiche trattate nel corso.

*English*

One third of the hours of the course will be devoted to interactive lectures in the computer lab aimed at introducing to the students the computational feature of the topics presented in class.

### **PROGRAMMA**

*Italiano*

"Fisica della Complessità nei Sistemi Sociali"

Daniela Paolotti

Computational Epidemiology Group, Fondazione ISI, Torino.

Programma dettagliato per gli studenti del corso di Laurea

TRIENNALE: <https://docs.google.com/document/d/1zJD3Gh8oqzFQlK5vvJwFPGcNPAA2CbBN8EeGcmChg-s/edit?usp=sharing>

MAGISTRALE: <https://docs.google.com/document/d/1cfVSOWdUtcbo-IKUE72xboQHfXqr2tzlCSgsS0LDLKM/edit?>

usp=sharing

La fisica statistica offre una serie di metodi e approcci utili allo studio di fenomeni su larga scala. Il corso presenterà l'applicazione della fisica statistica per lo studio e la comprensione dei sistemi sociali e della loro intrinseca complessità. Questo approccio si basa sull'idea che il comportamento su larga scala dei sistemi sociali composti da un largo numero di individui possa essere descritto senza la necessità di conoscerne tutti i dettagli a livello individuale ma solo alcuni dei suoi aspetti cruciali, considerando gli individui come entità relativamente semplici.

La prima parte del corso presenterà gli strumenti teorici di introduzione ai sistemi complessi e alle reti complesse, con un particolare riguardo alla descrizione di fenomeni sociali in termini di modelli fisici, a partire da una fenomenologia quantitativa che consenta la caratterizzazione e descrizione delle caratteristiche emergenti osservate in fenomeni sociali a larga scala. La modellizzazione si concentrerà sull'identificazione di classi generali di comportamento, non basate su definizioni e proprietà microscopiche, ma su caratteristiche universali su larga scala per scoprire i meccanismi responsabili dello spontaneo emergere di fenomeni come il consenso nelle opinioni, la disseminazione culturale, il moto collettivo degli individui, le gerarchie sociali.

La seconda parte del corso presenterà il ruolo dei sistemi sociali nei processi di contagio. Una larga varietà di fenomeni di contagio verrà analizzata, dai processi biologici della propagazione di una malattia infettiva nella popolazione umana, ai processi di contagio sociale come la diffusione di notizie o le epidemie di comportamenti antisociali o di dipendenza, fino a epidemie tecnologiche come la diffusione di virus informatici su vari ambienti (da Internet, a sistemi WiFi, a cellulari, etc). Analogie e differenze tra i vari processi di contagio saranno presentate e discusse nell'ambito di esempi e applicazioni reali, e con l'introduzione di modelli e teorie per la loro descrizione. L'attenzione sarà concentrata sull'impatto della complessità – intrinseca negli aspetti sociali, biologici, e culturali del sistema – sulle proprietà cruciali dei fenomeni di propagazione e contagio.

*English*

"Fisica della Complessità nei Sistemi Sociali"

Daniela Paolotti

Computational Epidemiology Group, Fondazione ISI, Torino.

TRIENNALE: <https://docs.google.com/document/d/1wblOc0J0Kb0oyOQO9ERZZIGSzTXtv0paXyEkStj0MQA/edit?usp=sharing>

MAGISTRALE: [https://docs.google.com/document/d/1krNTWuHxo7TB\\_M9TlOP5MQgl277kv6F1BmaKqiKsPHQ/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/document/d/1krNTWuHxo7TB_M9TlOP5MQgl277kv6F1BmaKqiKsPHQ/edit?usp=sharing)

Statistical physics provides a precious set of tools to study large scale phenomena. This course will focus on the application of statistical physics to the understanding of social systems and their inherent complexity. The main idea is that only a few aspects of the human-human interaction suffice to derive the large-scale behavior of social systems, especially when a great number of individuals are involved. Topics will include: human mobility, cultural dissemination, contagion phenomena, annotation systems, information networks, and others.

The first part of the course will introduce the theoretical framework for the study of complex systems and complex networks, with a focus on the physical modeling of social phenomena, starting from a quantitative phenomenology that enables the characterization and description of the empirical regularities observed in large scale social phenomena. The modeling will focus on the identification of general classes of behavior, not based on microscopic definitions, but rather on large-scale universal characteristics to uncover driving mechanisms for the spontaneous emergence of consensus, cultural dissemination, collective motion and social hierarchies.

The second part of the course will present how social systems play a crucial role in a large variety of spreading and contagion phenomena. Contagion will include biological processes as the spreading of an infectious disease in a population, social contagion phenomena as the rumor spreading or the contagion of addictive behaviors, and cyber-epidemics due to the diffusion of cyber-viruses in various technological domains. Analogies and differences will be presented and discussed through the description of real examples and applications, and the introduction of the theories and models developed to address them. The focus will be on the impact of the complexity inherent to the biological, social and behavioral aspects of these systems on the key properties of the spreading phenomena.

## TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

### *Italiano*

\* Laszlo Barabasi, Network Science <http://barabasi.com/book/network-science>

\* Alain Barrat, Marc Barthélemy, Alessandro Vespignani. Dynamical Processes on Complex Networks (Cambridge University Press, Cambridge, 2008).

\* M. E. J. Newman. Networks, an Introduction. Oxford University Press, (2010).

### *English*

\* Laszlo Barabasi, Network Science <http://barabasi.com/book/network-science>

\* Alain Barrat, Marc Barthélemy, Alessandro Vespignani. Dynamical Processes on Complex Networks (Cambridge University Press, Cambridge, 2008).

\* M. E. J. Newman. Networks, an Introduction. Oxford University Press, (2010).

## NOTA

### *Italiano*

--

### *English*

--

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=4ef1>

---

# Data Mining: Modellazione Statistica e Apprendimento Automatico dei Dati

## *Data Mining, Statistical Modeling and Machine Learning*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0911
Docente:	Dott. Ciro Cattuto (Titolare del corso)
Contatti docente:	<i>ciro.cattuto@isi.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Orale

### PREREQUISITI

#### *Italiano*

Analisi matematica, algebra lineare, elementi di statistica e probabilità.

#### *English*

Analysis, linear algebra, elements of statistics and probability.

### PROPEDEUTICO A

#### *Italiano*

#### *English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

#### *Italiano*

Il corso si pone l'obiettivo di fornire competenze di base per l'analisi e la modellazione statistica dei dati, con speciale attenzione alle tecniche di apprendimento automatico (machine learning) in contesti sia descrittivi che predittivi. Il corso ha un forte carattere interdisciplinare e copre argomenti tradizionalmente trattati in corsi di laurea a di computer science e statistica. Un importante obiettivo del corso è la conoscenza operativa delle tecniche e degli algoritmi trattati. Le lezioni teoriche si alterneranno perciò ad esercitazioni al computer.

#### *English*

The objective of the course is to achieve base competences for training and testing standard machine learning algorithms. The course will be highly interdisciplinary, covering topics traditionally taught in computer science or statistics courses. An important goal of the course is to achieve the capability of using the studies algorithms in practical settings. The course will therefore alternate theory lesson and exercise sessions using personal computers.

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

#### *Italiano*

- comprensione teorica dei fondamenti dell'apprendimento automatico (machine learning) dai dati
- capacità di usare alcune librerie Python per il machine learning nel contesto di semplici applicazioni

*English*

- theoretical understanding of the fundamentals of machine learning
- ability to use a few Python libraries for machine learning for simple applications

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

Lezioni alla lavagna e con diapositive, ed esercizi al computer.

*English*

Lessons using the blackboard and/or slides, and practical exercises using personal computers.

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

Discussione alla lavagna ed esercitazioni interattive al computer.

*English*

Discussion at the blackboard and interactive practical exercises at the computer

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

- The major paradigms of learning from data, the learning problem, the feasibility of learning
- The architecture of machine learning algorithms: model structure, scoring, and search
- The theory of generalization, the Vapnik-Chervonenkis generalization bound, model complexity penalization, the approximation-generalization trade off, bias and variance, the learning curve
- Models and Patterns: parametric and non-parametric models, regression models
- Score functions and optimization techniques. Gradient descent and stochastic gradient descent.
- Linear Models: linear classification, linear regression, ordinary least squares, logistic regression, non-linear transformations
- Overfitting and Regularization: model complexity and overfitting, commonly used regularizers, weight decay and lasso.

- Validation and Cross-Validation: validation set, leave-one-out cross validation, K-fold cross-validation
- Descriptive Modeling: density models, mixture models, the Expectation-Maximization algorithm, cluster analysis, the K-means algorithm, hierarchical clustering
- Predictive Modeling for Classification: linear discriminants, tree models, nearest-neighbor methods, Naive Bayes, feature selection
- Predictive Modeling for Regression: linear regression, generalized linear models
- Singular Value Decomposition, Matrix Factorization, and applications
- Content-based retrieval: text representation and classification, term weighting, latent semantic indexing

## TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

### *Italiano*

- Yaser S. Abu-Mostafa, Malik Magdon-Ismael, Hsuan-Tien Lin, "Learning from Data", AMLBook 2012

### *English*

- Yaser S. Abu-Mostafa, Malik Magdon-Ismael, Hsuan-Tien Lin, "Learning from Data", AMLBook 2012

## NOTA

### *Italiano*

Le esercitazioni del corso richiedono la capacità di scrivere ed eseguire semplici programmi in Python. La conoscenza del linguaggio di programmazione Python non è richiesta ma ci si aspetta che gli studenti si impegnino per acquisire una sufficiente competenza nell'uso di Python in parallelo alle lezioni del corso.

### *English*

The exercises require the ability to write and execute simple Python programs. Experience with the Python programming language is not required, but it is expected that students will commit to achieve a working knowledge of the Python language through self-study.

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=52ce](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=52ce)

---

## Derivatives

### *Derivatives*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	
Docente:	Prof. Elisa Luciano (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116705742, <a href="mailto:elisa.luciano@unito.it">elisa.luciano@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	9
SSD attività didattica:	SECS-P/06 - economia applicata
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

Consulting firms, regulatory bodies, large manufacturing and financial firms rely on action based on both strategic thinking and sound measurement of business trends. This programme combines training in economics and in advanced quantitative techniques. The study of economic systems and economic policy, the interpretation and forecasting of macroeconomic data, and the analysis of market structures are among the core topics of the program. Graduates will hold a diploma of Laurea Magistrale.

Mutuato da: [http://www.masters-finins.unito.it/do/corsi.pl/Show? id=su87;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^e%20luciano%20.v.%20fm%20and%20{url\\_avvalenza}%20eq%20%27%27%20and%20{qq}](http://www.masters-finins.unito.it/do/corsi.pl/Show? id=su87;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^e%20luciano%20.v.%20fm%20and%20{url_avvalenza}%20eq%20%27%27%20and%20{qq})



## Dinamica dei sistemi estesi

### *Dynamics of extended systems*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0373
Docente:	Dott. Antonello Provenzale (Titolare del corso) Dott. Jost-Diedrich Graf von Hardenberg (Titolare del corso)
Contatti docente:	050 6212382, <a href="mailto:antonello.provenzale@cnr.it">antonello.provenzale@cnr.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	MAT/07 - fisica matematica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

##### *Italiano*

È utile avere nozioni di base di teoria dei sistemi dinamici

##### *English*

It is useful to have basic notions on the theory of dynamic systems

#### PROPEDEUTICO A

##### *Italiano*

##### *English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

##### *Italiano*

Il corso intende fornire le basi teoriche e numeriche per la comprensione della dinamica dei sistemi estesi, descritti da equazioni differenziali di campo (alle derivate parziali). Particolare attenzione verrà data alla dinamica dei fluidi, considerando in dettaglio il caso della convezione termica, vero laboratorio concettuale per la dinamica non lineare. Utilizzando l'esempio della convezione, verrà affrontato lo studio della stabilità lineare, degli sviluppi perturbativi non lineari, della formazione di pattern convettivi e delle proprietà della convezione turbolenta. Verranno discussi diversi esempi di processi convettivi in sistemi naturali, associati alla convezione atmosferica e oceanica e alla convezione nel mantello e nel nucleo terrestre. Sarà considerato anche il caso della convezione rotante. Il corso terminerà con una parte dedicata ai processi che portano alla formazione di pattern spaziotemporali e strutture coerenti in sistemi naturali, utilizzando esempi dalla geomorfologia e dalla dinamica della vegetazione.

##### *English*

The course aims at furnishing the theoretical and numerical basics to understand the dynamics of extended systems, described by field differential equations (partial differential). Specific attention will be given to fluidodynamics, considering in detail the case of thermal convection, proper conceptual laboratory for non linear dynamics. Using

the example of convection, the study of linear stability will be faced, as well as the study of perturbative non linear expansions, of the formation of convective patterns and of the properties of turbulent convection. Different examples of convective processes in natural systems will be discussed, associated to atmospheric and oceanic convection and to convection inside the terrestrial mantle and core. The case of rotating convection will be considered as well. The course will end with a part dedicated to processes which lead to the formation of space-time patterns and coherent structures in natural systems, using examples from geomorphology and vegetation dynamics.

## **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

### *Italiano*

Capacità di utilizzare e maneggiare le equazioni a derivate parziali per i sistemi estesi, con particolare riferimento alle equazioni della dinamica dei fluidi. Conoscenza dei principali meccanismi che portano alla formazione di strutture coerenti e pattern spazio-temporali.

### *English*

Capability to use and to handle the partial differential equations for extended systems, with particular reference to the equations of fluidodynamics. Knowledge of the main mechanisms which lead to the formation of coherent structures and space-temporal patterns.

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

### *Italiano*

Lezioni frontali

### *English*

Class-taught lessons.

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

### *Italiano*

L'esame è costituito da una prova orale, della durata tipica di 30-40 minuti, nella quale viene chiesto di affrontare due, o al più tre, argomenti svolti a lezione, impostando il problema dal punto di vista sia fisico sia matematico. Il primo argomento affrontato è a scelta del candidato/a. In caso di non superamento dell'esame la ripetizione dello stesso deve avvenire almeno due settimane dopo la prima prova.

### *English*

The exam consists of an oral test, which typically lasts 30-40 minutes, in which the student is asked to deal with two, or at best three, topics presented at class, setting the problem both from a physical and from a mathematical point of view. The first topic faced is chosen by the candidate. In case of failing of the exam, the student can repeat it after at least two weeks from the first attempt.

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

### *Italiano*

Lezioni sull'integrazione numerica delle equazioni differenziali a derivate parziali.

### *English*

Lessons on numerical integration of partial differential equations.

## **PROGRAMMA**

### *Italiano*

Introduzione alla descrizione dei sistemi estesi e alle equazioni differenziali alle derivate parziali.

Equazioni di Navier-Stokes e dinamica dei fluidi.

Dinamica della convezione termica, studio della stabilità lineare e sviluppi perturbativi per condizioni debolmente non lineari. Pattern spazio-temporali in convezione. Turbolenza convettiva e plumes termiche. Convezione in sistemi rotanti.

Esempi di convezione in oceano e atmosfera e nell'interno terrestre (mantello e nucleo).

Cenni sulla pattern formation in altri ambiti (geomorfologia, vegetazione).

### *English*

Introduction to the dynamics of extended systems and to partial differential equations.

Navier-Stokes equations and fluid dynamics.

Dynamics of thermal convection, linear stability analysis and weakly nonlinear perturbative approaches. Spatial-temporal patterns in thermal convection. Convective turbulence and convective plumes. Rotating convection.

Examples of convection in natural systems: oceanic and atmospheric convection, convection in the Earth's mantle and nucleus.

Examples of pattern formation in other systems (Geomorphology, vegetation).

### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

#### *Italiano*

D.J. Tritton, Physical Fluid Dynamics, Oxford University Press, 1988.

S. Chandrasekhar, Hydrodynamic and hydromagnetic stability, Oxford University Press, 1961.

#### *English*

D.J. Tritton, Physical Fluid Dynamics, Oxford University Press, 1988.

S. Chandrasekhar, Hydrodynamic and hydromagnetic stability, Oxford University Press, 1961.

### **NOTA**

#### *Italiano*

Il corso verrà tenuto da A. Provenzale (IGG-CNR) e J. von Hardenberg (ISAC-CNR).

#### *English*

The course will be presented by A. Provenzale (IGG-CNR) and J. von Hardenberg (ISAC-CNR).

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=e782](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=e782)

---

## Econofisica

### *Econophysics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0755
Docente:	Prof. Pietro Terna (Titolare del corso)
Contatti docente:	<i>pietro.terna@unito.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### **PREREQUISITI**

##### *Italiano*

Interesse alle applicazioni della simulazione agent-based nelle scienze sociali.

##### *English*

Interest in simulation applied to social science.

#### **PROPEDEUTICO A**

##### *Italiano*

##### *English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

##### *Italiano*

Sviluppo della capacità di costruire, con tecniche informatiche avanzate, modelli della realtà economica e sociale.

##### *English*

A special attention is devoted to the construction of agent-based models in social sciences, as a new way to build models, applying a rigorous formalism in a high flexibility perspective.

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

##### *Italiano*

Capacità di applicare conoscenza e comprensione.

Capacità di autonoma preparazione di un lavoro sia relativo alla parte di calcolo numerico, sia relativo ad un modello di simulazione.

Autonomia di giudizio.

Sviluppo della capacità di utilizzare modelli per rappresentare e valutare la realtà.

Abilità comunicative.

Esposizione scritta e orale del lavoro che deve essere sviluppato durante il corso, anche per l'esame.

Capacità di apprendimento.

Sviluppo della capacità di apprendere autonomamente nuove tecniche avanzate di uso dei computer.

*English*

1) Knowledge and understanding ability.

The course will provide students with the ability of building, with advanced computer techniques, numerical and simulation models of the social and economic reality.

2) Capability to apply knowledge and understanding

During the course, students will learn how to use directly the above mentioned tools to reproduce and understand reality via computerized artifacts.

3) Capability to approach the subject in a critical manner

The students will become familiar with the process of choosing and formalizing the contents of a simulation model, to reproduce reality.

4) Communication abilities

Students will learn how to effectively organize ideas both in written and oral form, possibly with the help of presentation of the results of their projects during the course.

5) Learning ability

The course will enable students to apply state of the art tools in computer programming for economic simulation.

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

Frontale, fortemente interattivo, con assegnazione di frequenti lavori autonomi da svolgere al di fuori dell'orario di lezione, ma all'interno del monte ore derivante dai ccfu.

*English*

Traditional lessons, but asking to the participant to be highly interactive. Homeworks will be weekly assigned.

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

L'esame consiste nella discussione di una tesina di simulazione ad agenti sviluppata sotto la guida del docente e nella valutazione comparativa del contenuto della tesina con uno o più articoli di riferimento.

*English*

The examination will be based on the preparation and discussion of a project work on simulation via agent-based models.

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

Incontri con il docente durante la preparazione del saggio per l'esame.

*English*

Meeting with the instructor for the preparation of the essay for the exam.

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

Basi di conoscenza economica, con particolare riferimento a:

- sapere minimo di contabilità nazionale, con un riferimento al primer [http://www.bea.gov/national/pdf/nipa\\_primer.pdf](http://www.bea.gov/national/pdf/nipa_primer.pdf);
- lezioni online del prof. Stefano Fenoaltea, <http://fenoaltea.altervista.org> per la microeconomia e la storia del pensiero economico;
- lezioni online del prof. Tullio Jappelli, <https://goo.gl/f0RDrW>, per la macroeconomia.

Introduzione agli Agent-based Models (ABMs) – per farsi un'idea, vedere [https://en.wikipedia.org/wiki/Agent-based\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Agent-based_model) – sviluppando motivazioni dell'impiego, specificazione degli agenti, tecniche di sviluppo dei modelli, con riferimento a:

- Boero, R., Morini, M., Sonnessa, M., and Terna, P. (2015), *Agent-based Models of the Economy - From Theories to Applications*, Palgrave Macmillan, Basingstoke;
- Epstein, J.M. (2013), *Agent\_Zero: Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science*, Princeton University Press, Princeton, NJ;

(con un seminario on line di Epstein sul suo libro: <http://goo.gl/aj1ZON>).

Strumenti software:

- NetLogo, <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>;
- SLAPP, <https://terna.github.io/SLAPP>.

*English*

- basis of national accounting, with the primer at [http://www.bea.gov/national/pdf/nipa\\_primer.pdf](http://www.bea.gov/national/pdf/nipa_primer.pdf);
- an introduction to microeconomics, referring to prof. Stefano Fenoaltea online lessons, <http://fenoaltea.altervista.org>;
- an introduction to macroeconomics, referring to prof. Tullio Jappelli online lessons, <https://goo.gl/f0RDrW>.

Introduction to Agent-based Models (ABMs) – to have a first look: [https://en.wikipedia.org/wiki/Agent-based\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Agent-based_model) – considering why to use that technique, how to specify the agents, what kind of tools can be used to develop the models, referring to :

Boero, R., Morini, M., Sonnessa, M., and Terna, P. (2015), *Agent-based Models of the Economy - From Theories to Applications*, Palgrave Macmillan, Basingstoke;

Epstein, J.M. (2013), *Agent\_Zero: Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science*, Princeton University Press, Princeton, NJ; (a very interesting seminar of prof. Epstein on his book is at: <http://goo.gl/aj1ZON>).

Tools:

NetLogo, <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>;

SLAPP, <https://terna.github.io/SLAPP>.

## TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

### *Italiano*

- Boero, R., Morini, M., Sonnessa, M., and Terna, P. (2015), Agent-based Models of the Economy - From Theories to Applications, Palgrave Macmillan, Basingstoke;
- Epstein, J.M. (2014), Agent\_Zero: Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science, Princeton University Press, Princeton, NJ;

### *English*

- Boero, R., Morini, M., Sonnessa, M., and Terna, P. (2015), Agent-based Models of the Economy - From Theories to Applications, Palgrave Macmillan, Basingstoke;
- Epstein, J.M. (2014), Agent\_Zero: Toward Neurocognitive Foundations for Generative Social Science, Princeton University Press, Princeton, NJ;

## NOTA

### *Italiano*

Approfondire la modalità di impiego dei testi consigliati con il docente.

Il corso si collega al

Laboratorio di tecniche avanzate di modellizzazione: Multy Agent Systems (MAS)

del Prof. Marco Maggiora

### *English*

The use of the suggested books is supervised by the instructor.

The course has a strong link with the

Laboratorio di tecniche avanzate di modellizzazione: Multy Agent Systems (MAS)

del Prof. Marco Maggiora

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=gwpc](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=gwpc)

---

## Econometrics II

### *Econometrics II*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	FIS0012
Docente:	Prof. Fabio Cesare Bagliano (Titolare del corso)
Contatti docente:	+390116706084, <a href="mailto:fabio.bagliano@unito.it">fabio.bagliano@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	12
SSD attività didattica:	SECS-S/05 - statistica sociale
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

The main purpose of this course is to give a general and comprehensive overview of the different econometric methodologies and approaches, focusing on what is relevant for doing and understanding empirical work. The number of econometric techniques that can be used is numerous and their validity often depends crucially upon the validity of the underlying assumption. This course attempts to guide students through this array of estimation and testing procedures by also offering several computer-lab sessions where students will face real world empirical cases.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

Knowledge and understanding.

This course will provide students with a deep and up-to-date knowledge of modern econometric theories and related estimation and testing techniques.

Applying knowledge and understanding.

Students will learn how to apply econometrics techniques to actual economic problems. To this aim students will be introduced to a professional econometric software (E-views) which will be used for the computations presented in this course.

Making judgements.

The students will learn how to assess the validity of the assumptions of a wide range of econometric models with the purpose of realizing potential drawbacks or dangers in their application to relevant empirical economic questions.

Communication skills.

Students will learn how to effectively organize ideas both in written and oral form, possibly with the help of presentation of scientific papers during the course.

Learning skills.

This course will enable students to understand the recent developments in econometrics and will be a suitable basis for further research work in the area.

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

The course will cover the following topics:

1. The classical linear regression model: basics and violations
2. Endogeneity, instrumental variables and GMM
3. Maximum likelihood estimation and specification tests
4. Models with limited dependent variables
5. Univariate time series models
6. Multivariate time series models

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

The course is mostly based on Verbeek's A Guide to Modern Econometrics (3rd edition, 2008). For most topics lecture notes will be also circulated.

#### **NOTA**

The formalized analysis of econometric models requires familiarity with the basics of calculus, probability theory and linear algebra. Previous exposure to an Introductory Econometrics course at the level of, say, Stock and Watson's Introduction to Econometrics (2nd edition, 2007) is also desirable.

Mutuato da: <http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=ou5!;sort=DEFAULT;search=%20%7banno%7d%20%3d%7e%20m%2f1%b0%20anno%2fi%20;hits=9>

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=2d21>

---

# Economic Real Analysis

## *Economic Real Analysis*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	ECO0174
Docente:	Prof. Paolo Ghirardato (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 6705220, <a href="mailto:paolo.ghirardato@unito.it">paolo.ghirardato@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	SECS-S/06 - metodi matematici dell'economia e delle scienze att. e finanz.
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Inglese
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Scritto

### **PREREQUISITI**

A good knowledge of basic calculus (Analisi 1), of the foundations of probability calculus and statistical inference (Statistica), and of the basics of optimization and linear algebra.

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

This course aims to develop many of the analytical tools which are fundamental for theoretical and applied Economics. Particular stress will be posed on optimization theory and convexity.

Click on the link below (in the "Altre Informazioni") to be taken to this course's real web page (updated regularly).

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italian*

[Important Note: This is here only for bureaucratic purposes, and contains no information that is relevant to students. So it is reported only in Italian.]

(espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (D.M. 16/03/2007, art. 3, comma 7) (Nota 2)

-Conoscenza e capacità di comprensione. Risultati attesi: imparare a ragionare analiticamente e rigorosamente nei problemi di decisione economica. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche pratiche e teoriche in forma scritta.

-Capacità di applicare conoscenza e comprensione. Risultati attesi: Con l'applicazione immediata degli strumenti matematici e statistici forniti dal corso, lo studente sarà in grado di affrontare e risolvere un'ampia gamma di problemi di carattere economico. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche pratiche e teoriche in forma scritta.

-Autonomia di giudizio. Risultati attesi: nello sviluppo dei calcoli presenti nei vari modelli ed esercitazioni si acquista familiarità, fiducia e perciò autonomia di giudizio nella modellizzazione e verifica empirica dei problemi di natura

economica. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche pratiche e teoriche in forma scritta.

-Abilità comunicative. Risultati attesi: abilità di comunicare in forma scritta e orale le questioni oggetto del corso.

Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti.

-Capacità di apprendimento. Risultati attesi: capacità di apprendere, sviluppare e verificare empiricamente nuovi modelli economici. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche pratiche e teoriche in forma scritta.

### *English*

(stated by european descriptors with regard to this academic qualification (D.M. 16/03/2007, art. 3, comma 7) (Nota 2)

-Knowledge and understanding. Expected outcomes: to learn to analytically and rigorously reflect in issues of economic decision. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

-Applying knowledge and understanding. Expected outcomes: With the immediate application of the mathematical and statistical tools given by the course, the student will be able to face and solve a wide range of economic issues. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

-Judgement autonomy. Expected outcomes: in the development of the calculations characterizing various models and practice exercises the student gets familiarity, trust and thus judgement autonomy in the creation of models and empirical tests to verify problems of economic nature. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

-Communicative skills. Expected outcomes: capability to communicate in written and oral form the topics presented during the course. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors.

-Learning skills. Risultati attesi: capability to learn, develop and empirically verify new economic models. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

### *Italiano*

### *English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

### *Italiano*

Esami scritti (Durante il corso e Finale)

solo scritto (durata\* h.:3)

### *English*

Written tests (Midterm and Final)

Only written examinations (lasting 3h)

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

Bi-weekly homeworks (with solution keys)

## **PROGRAMMA**

Part I: Topology in Metric Spaces

- Metrics and norms
- Continuity
- Connectedness, completeness and compactness

Part II: Some Mathematics for Economics

- A brief look at constrained optimization
- Convexity and the separating hyperplane theorems
- Fixed point theorems

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

The following are the required textbooks for the Mathematics module:

- N.L. Carothers, Real Analysis, Cambridge University Press, Cambridge 1999, Chapters 1-8 and 10
- Massimo Marinacci and Luigi Montrucchio, Notes on Calculus on Vector Spaces, unpublished manuscript, chapters 9 and 10 and section 6.6
- C.D. Aliprantis and K.C. Border, Infinite-Dimensional Analysis, third edition, Springer-Verlag, 2007, part of Chapter 5

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=8bhf](http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=8bhf)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=c543](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=c543)

---

## Elementi di fisiologia

### *Principles of Physiology*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	FIS0022
Docente:	Prof. Maria Pia Gallo (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116704671, <i>mariapia.gallo@unito.it</i>
Anno:	
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	BIO/09 - fisiologia
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: <http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=laaj;sort=DEFAULT;search=%20{ccl}%20%3d~%20m%2fLaurea%20Magistrale%20in%20Fisica%20ind.%20Fisica>



# Elementi di Teoria dei Giochi e delle reti

## *Introduction to Game Theory and networks*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0908
Docente:	Prof. Paolo Cermelli (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116702938, <a href="mailto:paolo.cermelli@unito.it">paolo.cermelli@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	MAT/07 - fisica matematica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

### PREREQUISITI

#### *Italiano*

Calcolo per funzioni di più variabili, elementi di sistemi dinamici, elementi di calcolo delle probabilità e catene di Markov a stati finiti.

#### *English*

Several variables functions analysis, concepts of dynamic systems, concepts of probability theory and Markov chains on finite states.

### PROPEDEUTICO A

#### *Italiano*

#### *English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

#### *Italiano*

Lo scopo del corso è fornire un'introduzione alle tecniche di base per la modellizzazione dei fenomeni sociali e di teoria delle reti.

In particolare, esamineremo prima di tutto le basi della teoria delle decisioni interattive, la cosiddetta teoria dei giochi, che è lo strumento fondamentale per formulare e testare modelli di interazione tra individui, ad esempio in competizione per una risorsa. Estenderemo poi i concetti di base al caso in cui il gioco, e quindi l'interazione, sia ripetuta nel tempo, studiando due famiglie di modelli: quelli che fanno capo alla cosiddetta teoria dei giochi evolutivi, che permette di analizzare sotto quali condizioni gli equilibri di Nash vengono effettivamente raggiunti da giocatori 'miopi', e la teoria degli automi decisionali, ad esempio Tit for Tat, win-stay/lose shift, e così via.

La seconda parte del corso tratta degli elementi di teoria delle reti: introdurremo le basi di teoria dei grafi direzionati, e studieremo le relazioni tra le proprietà topologiche dei grafi e le proprietà algebriche della matrice di adiacenza. Questo permette di introdurre la nozione di camminatore casuale su un grafo, e di descriverlo come una catena di Markov a stati finiti. Come applicazione studieremo l'algoritmo di Brin e Page per il Page Rank di Google. Come seconda applicazione, studieremo successioni di grafi casuali, e descriveremo i principali modelli generativi

per il grafo Web, mostrando come la nota distribuzione a legge di potenza delle pagine web implichi una legge di attaccamento preferenziale: il web si aggrega in modo che pagine più popolari attirano più link delle altre. Infine, discuteremo l'importanza relativa di alcune misure di clustering e connessione di grafi, con applicazioni alle reti sociali.

*English*

The course aims at providing an introduction to the basic techniques for the modelization of social phenomena and network theory. First of all, we will examine the basics of interactive decision theory, a.k.a. Game Theory, which is the fundamental tool to formulate and test models of interactions among individuals. Then, we will extend the basic concepts to situations in which the interaction, i.e., the game, is iterated, and study two families of mathematical models: evolutionary game theory, for which concepts from the theory of dynamical systems are needed, and the iterated prisoner's dilemma, in which the interactions occur at discrete times and the strategies can be described as machines, i.e., decisional automata, such as Tit for Tat, win-stay/lose shift, and so on.

The second part of the course is devoted to network theory: we will first introduce basic results on directed graphs, highlighting the relations between the topological properties of the graph and the algebraic properties of the adjacency matrix. This will allow to define random walks on graphs, and show that this is a finite-states Markov chain. As an application, we will discuss the Page Rank (Google) algorithm and Salsa, two well known ranking algorithms for web pages. Then, we will study large-scale properties of the Web, namely the power law distribution of the indegrees. We will present the preferential attachment (Albert-Barabasi) and the random attachment models, and show that they lead to substantially different indegree distributions.

Finally, we will briefly discuss some clustering and centrality coefficients for social networks, and study an exactly solvable analogy of the Watts-Strogatz model for small-world networks.

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

In uscita lo studente dovrebbe avere le basi su cui fondare lo studio ulteriore dei sistemi complessi formati da agenti in mutua interazione, con i metodi più sofisticati forniti in corsi successivi, ad esempio basati su tecniche di meccanica statistica (non trattata in questo corso).

*English*

At the end of the course, the student will have the basis on which he/she will build the study of complex networks with more sophisticated theoretical and numerical tools, for instance using concepts of statistical mechanics (not presented in this course).

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

Esame orale con risoluzione di esercizi

*English*

Oral examination with solution of exercises

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italian*

Teoria dei giochi. Forma strategica e forma estesa. Equilibri di Nash, equilibri perfetti e subgame perfect.

Teoria evolutiva dei giochi: dinamica del replicatore e dinamiche di apprendimento.

Il dilemma del prigioniero iterato: automi e teoremi folk di Nash.

Teoria delle reti, cenni su teoria dei grafi casuali. L'algoritmo Page Rank. I principali modelli generativi per il web, e applicazioni alla autoorganizzazione di reti sociali e web. Misure di clustering e connessione.

*English*

Game theory: strategic and extended form. Nash Equilibria, perfect and subgame perfect equilibria.

Evolutionary game theory: replicator dynamics and learning dynamics.

The Iterated Prisoner's Dilemma: automata and Nash folk theorems.

Network theory: some notions of random graphs. The Page Rank and Salsa algorithms. Generative models for random networks, with applications to the web and social networks.

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

- Dispense a cura del docente disponibili sul sito web.
- R. B. Myerson. Game theory: analysis of conflict. Harvard University Press
- H. Gintis. Game theory evolving. Princeton University Press
- D. Easley and J. Kleinberg. Networks, crowds and markets. Cambridge University Press
- A. Bonato. A course on the Web graph. American Mathematical Society

*English*

- Lesson notes by the lecturer available on the website.
- R. B. Myerson. Game theory: analysis of conflict. Harvard University Press

- H. Gintis. Game theory evolving. Princeton University Press
- D. Easley and J. Kleinberg. Networks, crowds and markets. Cambridge University Press
- A. Bonato. A course on the Web graph. American Mathematical Society

## **NOTA**

### *Italiano*

Il corso è mutuato dal Corso di Studi in Matematica. Si terrà a Palazzo Campana (Via Carlo Alberto, 10, Torino) nel periodo 24 febbraio - 6 Giugno 2013. L'orario non è ancora stato definito. Eventuali variazioni (spostamento in avanti) del periodo didattico saranno tempestivamente pubblicate sul sito.

### *English*

The course is planned for the Degree in Mathematics. It will take place in Palazzo Campana (Via Carlo Alberto, 10, Torino) in the period from the 24th of February to the 6th of June 2013. The schedule has not been defined yet. Potential modifications (later beginning) of the educational period will be promptly published on the website.

Mutuato da: [http://www.matematica.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=v2xd](http://www.matematica.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=v2xd)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=obtl](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=obtl)

---

# Fisica della materia A

## *Solid State Physics A*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0359
Docente:	
Contatti docente:	
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/03 - fisica della materia
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

Fornire agli studenti le nozioni fondamentali per la comprensione dei fenomeni della dinamica elettronica nei solidi e delle proprietà di alcune classi di materiali.

*English*

To provide the students with the fundamental concepts to understand the phenomena of electronic dynamics in solids and the properties of some classes of materials.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## MODALITA' DI INSEGNAMENTO

*Italiano*

*English*

## MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

*Italiano*

*English*

## ATTIVITÀ DI SUPPORTO

*Italiano*

*English*

## PROGRAMMA

*Italiano*

Onde in mezzo non dispersivo e in mezzo dispersivo. Significato della relazione di dispersione. Strutture cristalline ed elementi di simmetria puntuale. Diffrazione di neutroni ed elettroni. Tecniche sperimentali per la diffrazione X e teoria di Laue. Reticolo reciproco e sue proprietà. Modelli di Sommerfeld e di Drude per gli elettroni nei solidi: proprietà in regime stazionario. Distribuzione di Fermi e potenziale chimico. Proprietà termiche ed elettriche. Legge di Ohm. Conducibilità termica e legge di Wiedermann-Franz. Effetto Seebeck. Ulteriori proprietà del gas di Fermi. Frequenza di plasma. Plasmoni. Lunghezza di schermo elettrostatico in approssimazione di Thomas-Fermi. Effetti della statistica di Fermi-Dirac per la depressione delle sezione d'urto elettrone-elettrone. Effetto Hall classico e quantistico. Magnetoresistenza. Limiti del modello a gas di Fermi. Teorema di Bloch in 3D e sue implicazioni. Cenni al modello di Kronig-Penney. Modello ad elettroni quasi liberi in 1D e soluzione approssimata a bordo zona. Superficie di Fermi in 2D e in 3D. Modello ad elettroni fortemente legati. Modello semiclassico per la dinamica degli elettroni nelle bande. Descrizione della conduzione per mezzo di elettroni o di lacune. Tensore massa efficace. Cenni alle oscillazioni di Bloch. Elementi di Fisica dei semiconduttori: teoria delle bande, elettroni e lacune nei semiconduttori. Statistica dei portatori di carica. Semiconduttori in condizioni di non equilibrio. Trasporto di elettroni e lacune. Conducibilità, resistività, legge di Ohm. Significato fisico dei diagrammi a bande. Giunzioni p-n: Elettrostatica, caratteristiche capacità/tensione e corrente/tensione teoria del diodo ideale

*English*

Waves in non-dispersive and in dispersive media. Physical meaning of the dispersion relation. Crystal structures and point symmetry elements. Neutron and electron diffraction. Experimental methods for X-ray diffraction and Laue's theory. Reciprocal lattice and its properties. Drude and Sommerfeld models for the electrons in solids: steady state properties. Fermi distribution and chemical potential. Thermal and electrical properties. Ohm's law. Thermal conductivity and Wiedermann-Franz law. Seebeck effect. Further properties of the Fermi gas. Plasma frequency. Plasmons. Electrostatic screening length in the Thomas-Fermi approximation. The effects of the Fermi-Dirac distribution function on the reduction of the electron-electron scattering cross section. Classical and quantum Hall effect. Magnetoresistance. Limits of the Fermi gas model. Bloch's theorem in 3D and its implications. Hints at the Kronig-Penney model. Nearly free electron model in 1D and approximated solution near the zone boundary. Fermi surfaces in 2D and in 3D. Tight binding model. Semiclassical model for the electron dynamics in the energy bands. Description of the conduction process by means of electrons or holes. The effective mass tensor. Hints at the Bloch's oscillations. Elements of Semiconductor Physics: band theory, electrons and holes in semiconducting materials. Charge carrier statistical distribution law. Semiconductors in non-equilibrium conditions. Transport of electrons and holes. Conductivity, resistivity and Ohm's law. Physical meaning of the band diagrams. P-n junctions: Electrostatics, capacitance/voltage and current/voltage characteristics. Theory of the ideal diode.

### TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

1. C.Kittel, Introduzione alla Fisica dello Stato Solido, Boringhieri, (1971)
2. J.R.Hook, H.E.Hall, Solid State Physics, J.Wiley & Sons, (1991)
3. N. W. Ashcroft, N. D. Mermin, Solid State Physics, Holt, Rinehart and Winston, (1976)
4. S.M. Sze, "Semiconductor Devices", 2nd edition, John Wiley and Sons, 2002
5. A.S.Grove: "Fisica e Tecnologia dei dispositivi a semiconduttore", Franco Angeli editore, Milano 1993
6. M.Shur, "Physics of semiconductor devices", Prentice Hall series in Solid State electronics, New Jersey, 1990
7. M.Guzzi, Principi di Fisica dei Semiconduttori, Hoepli, 2004

### NOTA

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=54a0;sort=DEFAULT;search=&hits=128](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=54a0;sort=DEFAULT;search=&hits=128)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=8f56](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=8f56)

---

# Fisica della materia condensata

## Condensed Matter Physics

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0354
Docente:	Prof. Roberto Tateo (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116707223, <a href="mailto:tateo@to.infn.it">tateo@to.infn.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

*English*

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Le informazioni su programma, crediti ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza.

*English*

Information on programme, CFU and calls are available clicking on the item avvalenza.

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?\\_id=62be](http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?_id=62be)



# Fondamenti di teoria dei campi

## *Foundations of Field Theory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0905
Docente:	Prof. Gian Piero Passarino (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 670 7231, <a href="mailto:passarino@to.infn.it">passarino@to.infn.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

**MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

**MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

**ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

**TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

**NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=45d9](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=45d9)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=bhym](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=bhym)

---

# Games and Decisions

## *Games and Decisions*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	ECO0197
Docente:	Prof. Paolo Ghirardato (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 6705220, <a href="mailto:paolo.ghirardato@unito.it">paolo.ghirardato@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	SECS-S/06 - metodi matematici dell'economia e delle scienze att. e finanz.
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Inglese
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Scritto

### **PREREQUISITI**

A good knowledge of basic calculus (Analisi 1), of the foundations of probability calculus and statistical inference (Statistica)

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

This is a course which introduces students to the formalization and analysis of decision making both in a single-person and in a strategic (i.e., game theory) environment. While the course's emphasis is on theoretical issues, some attention is also given to the application of concepts to business, economic and financial problems.

Click on the link below (in "Altre informazioni") to be taken to this course's real web page (updated frequently).

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italian*

[Important Note: This is here only for bureaucratic purposes, and contains no information that is relevant to students. So it is reported only in Italian.]

(espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (D.M. 16/03/2007, art. 3, comma 7) (Nota 2)

-Conoscenza e capacità di comprensione. Risultati attesi: imparare a ragionare analiticamente e rigorosamente nei problemi di decisione economica. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche pratiche e teoriche in forma scritta.

-Capacità di applicare conoscenza e comprensione. Risultati attesi: Con l'applicazione immediata degli strumenti matematici e statistici forniti dal corso, lo studente sarà in grado di affrontare e risolvere un'ampia gamma di problemi di carattere economico. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche

pratiche e teoriche in forma scritta.

-Autonomia di giudizio. Risultati attesi: nello sviluppo dei ragionamenti presenti nei vari modelli ed esercitazioni si acquista familiarità, fiducia e perciò autonomia di giudizio nella modellizzazione e verifica empirica dei problemi di natura economica. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche pratiche e teoriche in forma scritta.

-Abilità comunicative. Risultati attesi: abilità di comunicare in forma scritta e orale le questioni oggetto del corso. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti.

-Capacità di apprendimento. Risultati attesi: capacità di apprendere, sviluppare e verificare empiricamente nuovi modelli economici. Strumenti: lezioni frontali ed esercitazioni svolte dai docenti. Verifiche: verifiche pratiche e teoriche in forma scritta.

### *English*

(stated by european descriptors with regard to this academic qualification (D.M. 16/03/2007, art. 3, comma 7) (Nota 2)

-Knowledge and understanding. Expected outcomes: to learn to analytically and rigorously reflect in issues of economic decision. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

-Applying knowledge and understanding. Expected outcomes: With the immediate application of the mathematical and statistical tools given by the course, the student will be able to face and solve a wide range of economic issues. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

-Judgement autonomy. Expected outcomes: in the development of the thinking process characterizing various models and practice exercises the student gets familiarity, trust and thus judgement autonomy in the creation of models and empirical tests to verify problems of economic nature. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

-Communicative skills. Expected outcomes: capability to communicate in written and oral form the topics presented during the course. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors.

-Learning skills. Risultati attesi: capability to learn, develop and empirically verify new economic models. Instruments: class-taught lessons and practice exercises presented by the professors. Examinations: practical and theoretical examinations in written form.

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

### *Italiano*

### *English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

### *Italiano*

Esame scritto (e compiti a casa assegnati ogni due settimane)

solo scritto (durata 3h)

### *English*

Written exam (and bi-weekly homeworks)

Only written examination (lasting 3h)

## ATTIVITÀ DI SUPPORTO

*Italiano*

*English*

## PROGRAMMA

The course is divided into two parts:

Part 1: Decisions (Ghirardato)

- Introduction and overview of decision models
- Known probabilities: The Expected Utility Model
- Subjective probability: The Subjective Expected Utility model (Anscombe-Aumann and Savage)
- Non-expected utility models: The Allais and Ellsberg paradoxes and their rationalizations

Part 2: Games (Gerardi)

- A decision-theoretic approach: Dominance, beliefs and "Never Weak Best Response" strategies
- Strategic form games: Dominance, Nash equilibrium, mixed strategies
- Extensive Form Games: Corresponding strategic forms, behavioral strategies, backwards induction, subgame perfect equilibrium
- Games of Incomplete Information: Normal-form representation of static games of incomplete information, Bayesian Nash equilibrium, perfect Bayesian equilibrium
- Repeated Games: Folk theorems

## TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

The exam is mostly going to be based on the class notes and some readings assigned in class. However, for supplemental reading (and some homework exercises) the following are the suggested textbooks for the course:

- David Kreps, Notes on the Theory of Choice, Westwood Press, 1988 (hard, but good as reference)
- Martin J. Osborne, An Introduction to Game Theory, Oxford University Press, 2003 (easier)
- Martin J. Osborne and Ariel Rubinstein, A Course in Game Theory, The MIT Press, 1994 (harder, but available electronically here)

## NOTA

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=m864;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^pghirard%20.v.%2fm%20and%20{url\\_avvalenza}%20eq%20%27%27;hits=2](http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=m864;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^pghirard%20.v.%2fm%20and%20{url_avvalenza}%20eq%20%27%27;hits=2)



# Introduzione all'informazione quantistica

## *Introduction to Quantum Information*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0922
Docente:	Prof. Alberto Carlini (Titolare del corso)
Contatti docente:	+39 0131 360380, <a href="mailto:acarlini@mfn.unipmn.it">acarlini@mfn.unipmn.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Inglese
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Orale

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

Apprendimento delle conoscenze di base per la comprensione di alcuni tra i concetti fondamentali (e relative applicazioni) della teoria dell'informazione quantistica.

*English*

Learning of the basic knowledge for the understanding of some of the main concepts (and related applications) of the theory of Quantum Information.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## MODALITA' DI INSEGNAMENTO

*Italiano*

*English*

## MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

*Italiano*

*English*

## ATTIVITÀ DI SUPPORTO

*Italiano*

*English*

## PROGRAMMA

*Italiano*

Il corso si prefigge di fare acquisire agli studenti la conoscenza delle seguenti tematiche:

- 1) Effetti di rumore sulle operazioni quantistiche:
  - operazioni quantistiche e sistemi aperti, rappresentazione di Kraus
  - canali di depolarizzazione, smorzamento di ampiezza e fase
  - "master equations" per sistemi aperti
  - tomografia quantistica;
- 2) Misure di distanze per stati ed operatori quantistici:
  - distanza di traccia, fedeltà e metriche di Morozova-Chentsov-Petz
  - distinguibilità e "no cloning" degli stati quantistici;
- 3) Teoria della correzione degli errori quantistici:
  - discretizzazione degli errori ed errori indipendenti
  - codici di Shor, di Calderbank-Shor-Steane e codici stabilizzatori, teorema di Gottesman-Knill
  - circuiti quantistici per la codifica, decodifica e correzione degli errori
  - computazione quantistica "fault tolerant";
- 4) Misure dell'informazione classica e quantistica:
  - entropia di Shannon, entropia relativa e condizionale e proprietà fondamentali
  - entropia di von Neumann, entropia relativa quantistica e proprietà fondamentali
  - informazione accessibile ed il limite di Holevo

- compressione dell'informazione classica (teorema di Shannon) e quantistica (teorema di Schumacher)
- canali di comunicazione classici e quantistici con rumore classico o quantistico
- stati quantistici separabili ed intrecciati, misure, distillazione e diluizione dell'intreccio

### English

The course unit aims at students attaining knowledge in the following areas:

- 1) Noise effects on quantum operations:
  - quantum operations and open systems, Kraus representation
  - depolarizing channels, amplitude and phase damping channels
  - "master equations" for open systems
  - quantum tomography;
- 2) Distance measures for quantum states and quantum operations:
  - trace distance, fidelity and Morozowa-Chentsov-Petz metrics
  - distinguishability and "no cloning" theorem of quantum states;
- 3) Quantum error correction theory:
  - error discretization and independent errors
  - Shor code, Calderbank-Shor-Steane code and stabilizer codes, Gottesman-Knill's theorem
  - quantum circuits for encoding, decoding and error correction
  - "fault tolerant" quantum computing;
- 4) Classical and quantum information measures:
  - Shannon entropy, relative and conditional entropies and fundamental properties
  - von Neumann entropy, quantum relative entropy and fundamental properties
  - accessible information and the Holevo bound
  - classic (Shannon's theorem) and quantum (Schumacher's theorem) data compression
  - classic and quantum communication channels with classic or quantum noise
  - separable and entangled quantum states, entanglement measures, distillation and dilution

### TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

Quantum Computation and Quantum Information, M. Nielsen and I. Chuang, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2000;

An Introduction to Quantum Computing, R. Laflamme and M. Mosca, Oxford University Press, Oxford, UK, 2007;

Lecture Notes for Physics 229: Quantum Information and Computation, J. Preskill, Caltech, USA, 1998 (web-link: <http://www.theory.caltech.edu/people/preskill/ph229/#lecture>);

The Theory of Open Quantum Systems, H.P. Breuer and F. Petruccione, Oxford University Press, UK, 2006.

### NOTA

#### Italiano

Frequenza: obbligatoria.

Valutazione: esame orale

Sessioni esame : previo accordo con gli studenti

Periodo didattico: terzo periodo didattico

Sede lezioni: Dipartimento di Fisica, Torino

Orario lezioni: previo accordo con gli studenti

Attività curriculari: esperimenti (2-3) in laboratorio di ottica quantistica presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Avanzate dell'Università del Piemonte Orientale, Alessandria. In collaborazione con il corso di

"Introduzione alla computazione quantistica" del Prof. L. Castellani.

(ex.: fotoni come canali di trasmissione e manipolazione dell'informazione quantistica: fotoni intrecciati, erasure channel, porte quantistiche fondamentali, semplici codici crittografici, teletrasporto)

Possibili tesi offerte: teoria del controllo di sistemi quantistici, time-optimal quantum computing, applicazione a sistemi biologici complessi, weak value formulation of quantum mechanics.

Possibilità di inserimento in gruppi di ricerca di quantum information and computation in diverse nazioni europee.

*English*

Attendance: mandatory.

Evaluation: oral examination.

Examination calls: in agreement with the students.

Educational period: third.

Lessons location: Physics department, Turin.

Lessons schedule: in agreement with the students.

Curricular activities: experiments (2-3) in the Quantum Optics Lab at the Department of Science and Advanced Technologies of the University of Eastern Piedmont, Alessandria. In collaboration with the course "Introduction to Quantum Computing" given by Prof. L. Castellani.

(e.g.: photons as channels for transmission and manipulation of Quantum Information: entangled photons, erasure channel, fundamental quantum gates, simple cryptographic codes, teletransportation)

Potential available theses: theory of Quantum systems control, time-optimal quantum computing, complex biological systems application weak value formulation of quantum mechanics.

Possibility of working in research groups about quantum information and computation in several European countries.

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=a9c0](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=a9c0)

---

# Introduzione alla computazione quantistica

## *Introduction to Quantum Computing*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0384
Docente:	Prof. Leonardo Castellani (Titolare del corso)
Contatti docente:	+390131360166, <i>leonardo.castellani@mfn.unipmn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

Acquisizione delle conoscenze teoriche e introduzione alle tecniche sperimentali più importanti per la computazione quantistica.

*English*

Achievement of the theoretical knowledge and introduction to the most important experimental techniques to Quantum Computing.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

1. Introduzione. Quantum bits, sfera di Bloch, qubits multipli, porte a singolo qubit e porte a qubits multipli. Circuiti quantistici. Stati di Bell. Algoritmi quantistici. Cenni alla teoria dell' informazione quantistica.
2. I fondamenti della Meccanica Quantistica. Esperimenti e postulati della teoria. Formalismo: algebra lineare. Operatore densità. Sistemi composti e traccia parziale. EPR e stati intrecciati. Disuguaglianza di Bell.
3. Crittografia a chiave pubblica, il protocollo RSA. Il piccolo teorema di Fermat. Crittografia quantistica. Teletrasporto.
4. Circuiti quantistici. Insieme di porte universali per la computazione quantistica.
5. Algoritmi quantistici, Algoritmo di Deutsch-Josza. Trasformata di Fourier Quantistica. Algoritmo di Shor per la fattorizzazione di numeri interi. Algoritmo di Grover per la ricerca ed il conteggio di stati quantistici.

*English*

1. Introduction: quantum bits, Bloch sphere, multiple qbits, single and multiple qbit gates. Quantum circuits. Bell states. Quantum algorithms. Some notes on quantum information.
2. The formalism of quantum mechanics: linear algebra. The postulates of quantum mechanics and their experimental justification. Density operator. Composite systems and partial trace. EPR and entanglement. Bell inequalities.
3. Public key cryptography, RSA protocol. Little Fermat theorem. Quantum cryptography. Teletransportation of quantum states.
4. Quantum circuits. Universal set of gates for quantum computation.

5. Quantum algorithms. Deutsch-Jozsa algorithm. Quantum Fourier transform. Shor algorithm for integer numbers' factorization. Grover quantum state search and counting algorithms.

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

M.A. Nielsen, I.L. Chuang, "Quantum Computation and Quantum Information", Cambridge Univ. Press (2000)

D. Bouwmeester, A. Ekert, A. Zeilinger, "The Physics of Quantum Information", Springer (2000)

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=ecd4](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=ecd4)

---

# Introduzione alla teoria dei gruppi

## *Introduction to Group Theory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0357
Docente:	Prof. Lorenzo Magnea (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116707204, <i>magnea@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Le informazioni su programma, crediti ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza

*English*

Information on programme, credits and examination calls are available clicking on the link "avvalenza".

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?\\_id=6c82](http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?_id=6c82)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=fe55](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=fe55)



## Laboratorio di fisica della materia

### *Matter Physics Laboratory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0446
Docente:	Prof. Ettore Vittone (Titolare del corso)
Contatti docente:	011/6707371, <a href="mailto:ettore.vittone@unito.it">ettore.vittone@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Le informazioni su programma, crediti ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza

*English*

Information on programme, credits and examination calls are available clicking on the item "avvalenza".

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?\\_id=faba](http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?_id=faba)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=63e5](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=63e5)



## Laboratorio di fluidodinamica

### *Fluid dynamics laboratory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0389
Docente:	Prof. Paolo Trivero (Titolare del corso) Prof. Enrico Ferrero (Titolare del corso)
Contatti docente:	0131360310, <i>paolo.trivero@mfn.unipmn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

##### *Italiano*

Esami di fisica e matematica di base

##### *English*

Course of fundamentals of physics and mathematics

#### PROPEDEUTICO A

*Italiano*[[*English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

##### *Italiano*

Conoscenza e capacità di comprensione: Apprendimento di competenze specialistiche sulla fluidodinamica di laboratorio. Lo studente acquisirà: una solida preparazione sui fondamenti dei fluidi rotanti e dei flussi turbolenti approfondendo le metodologie fisiche e fisico matematiche per l'analisi. Capacità di applicare conoscenza e comprensione: capacità di realizzare modelli della realtà fisica in laboratorio; capacità di utilizzare autonomamente tecniche di misura e analisi dei dati avanzati.

##### *English*

Knowledge and understanding: Learning specialized skills on laboratory fluid dynamics. The student will acquire: a solid background on the fundamentals of rotating fluids and turbulent flows and deepening physical and mathematical physical analysis methods. Applying knowledge and understanding: ability to create models of physical reality in the laboratory; ability to use autonomously measurement techniques and analysis of advanced data

#### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

##### *Italiano*

conoscenze di fluidodinamica dei fluidi rotanti e relativi esperimenti

*English*

knowledge of fluidodynamics of rotating fluids and related experiments

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

Lezioni frontali a esperimenti in laboratorio

*English*

Classes and laboratory experiments

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

Relazione scritta e successiva discussione orale

*English*

Report on the experiments and its oral discussion

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

*Italiano*

Vengono svolte alcune misure fluidodinamica in laboratorio idraulico tramite strumenti basati sull'analisi delle immagini e con strumentazione tradizionale. I dati misurati vengono elaborati con diversi software e presentati in una relazione. Viene inoltre valutato l'effetto di slick superficiali di sostanze inquinanti, e come queste possono venire rilevate da sistemi radar.

*English*

Some measurements of fluidodynamics quantities are carried out in the hydrodynamic laboratory, by means of instrumentation based on image analysis and traditional probes. Then the collected data are analysed using different software and presentend in a report. The effect of surface slicks of pollutants is also evaluated, together with their detectability by radar systems.

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

Dispense e Materiale fornito dai docenti.

*English*

Lecture notes and materials provided by the teachers.

**NOTA**

*Italiano*

Frequenza: obbligatoria per la parte di laboratorio.

IMPORTANTE: È NECESSARIO ESSERE ISCRITTI AL CORSO PER POTER PERMETTERE AL DOCENTE DI STABILIRE I TURNI IN LABORATORIO

*English*

It is mandatory to participate to the experiments in laboratory

WARNING: IT IS NECESSARY TO BE REGISTERED FOR THE COURSE TO ENABLE THE PROFESSOR TO ESTABLISH THE LAB SHIFTS

Moduli didattici:

- Laboratorio di fluidodinamica
- Laboratorio di fluidodinamica

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=b126](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=b126)

---

## **Laboratorio di fluidodinamica**

### *Fluid dynamics laboratory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0389B
Docenti:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

**OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

**RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

**MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

**MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

**ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

*Italiano*

*English*

## NOTA

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=9dbc>

---

## Laboratorio di fluidodinamica

### *Fluid dynamics laboratory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0389A
Docenti:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=c73f](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=c73f)

---



## Laboratorio di fluidodinamica

### *Fluid dynamics laboratory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0389B
Docente:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=9dbc](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=9dbc)

---



## Laboratorio di fluidodinamica

### *Fluid dynamics laboratory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0389A
Docente:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=c73f](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=c73f)

---



## Laboratorio di Geofisica computazionale

### *Computational Geophysics Laboratory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0920
Docente:	
Contatti docente:	
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Scritto

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=71b2](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=71b2)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=d4p3](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=d4p3)

---

## Laboratorio di tecniche avanzate di modellizzazione: Multy Agent Systems (MAS)

### *Laboratory on advanced modeling techniques: Multi Agent Systems (MAS)*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	FIS0073
Docente:	Prof. Marco Maggiora (Titolare del corso)
Contatti docente:	+390116707475, <a href="mailto:marco.maggiora@unito.it">marco.maggiora@unito.it</a>
Anno:	1° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=a3ro](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=a3ro)



## Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate

### *Laboratory of advanced technologies in Physics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0904
Docente:	Luciano Ramello (Titolare del corso) Daniele Panzieri (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116707047, <a href="mailto:luciano.ramello@unito.it">luciano.ramello@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

##### *Italiano*

Corsi di elettronica e di laboratorio della laurea triennale

##### *English*

Electronics and Physics Laboratory courses from the first three years

#### PROPEDEUTICO A

##### *Italiano*

##### *English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

##### *Italiano*

Acquisizione di competenze di laboratorio per la gestione di catene di misura basate su rivelatori di radiazione ed elettronica avanzata.

Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)

Il corso, presentando argomenti di tecnologie di fisica legate all'utilizzo di rivelatori di radiazione, permette di approfondire la conoscenza dei principi dell'Elettromagnetismo e della Fisica Quantistica.

Gli studenti devono poi comprendere le modalità di funzionamento delle strumentazioni di Laboratorio utilizzate e i metodi di analisi dei dati sperimentali proposti.

La necessità di analizzare i dati sperimentali e di redigere una relazione di laboratorio rafforza inoltre le competenze computazionali e informatiche.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)

L'attività di laboratorio sviluppa innanzitutto la capacità di effettuare misure di laboratorio in condizioni controllate e

la capacità di interpretare i dati sperimentali attraverso una corretta trattazione statistica e/o elaborazione di immagini.

Inoltre l'attività di laboratorio permette di imparare ad affrontare i problemi in nuovi contesti e di comprendere nuovi problemi riconoscendone gli aspetti essenziali; permette infine di progettare studi sperimentali e di analizzarne i risultati.

#### *English*

Acquisition of laboratory skills in order to handle measurements based on radiation detectors and advanced electronics.

Knowledge and understanding: This course, by covering topics of physics-based technologies linked to radiation detectors, allows students to deepen their knowledge of the principles of Electromagnetism and Quantum Physics. Students must also understand the internals of laboratory instrumentation used and the experimental data analysis methods proposed.

The task of analyzing data and writing a report is also supposed to reinforce computational and information technology skills.

Applying Knowledge and understanding: The laboratory activity develops first of all the ability to conduct measurements under controlled conditions and the one of interpreting experimental data through a rigorous statistical and/or image elaboration technique.

Furthermore, the laboratory activity allows students to face problems in new contexts and to understand new problems recognizing their essential aspects; finally, it allows students to plan experimental studies and to analyze the results.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

#### *Italiano*

Alla fine del corso ci si attende che gli studenti siano in grado di progettare un esperimento e di analizzarne i risultati in contesti analoghi a quelli trattati durante la parte di laboratorio.

#### *English*

At the end of this course it is expected that students will be able to design an experiment and analyze the corresponding results in contexts similar to the ones treated during the laboratory sessions.

### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

#### *Italiano*

Lezioni frontali per introdurre gli argomenti che saranno oggetto degli sviluppi e delle misure in laboratorio. Attività di laboratorio a piccoli gruppi per sviluppare le tecniche di acquisizione dati e di analisi dei dati raccolti.

#### *English*

Lectures to introduce the topics developed later with experiment setting-up and measurements. Laboratory work in small groups of students in order to develop the data acquisition and analysis techniques required.

### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

#### *Italiano*

L'esame tende ad accertare il possesso di competenze di laboratorio su rivelatori di radiazione ed elettronica avanzata. è richiesta una relazione scritta sulla parte svolta in laboratorio.

L'esame è costituito da una prova orale, della durata tipica di 40-50 minuti, nella quale viene chiesto di affrontare

due argomenti svolti in laboratorio, discutendo dal punto di vista fisico i risultati ottenuti e facendo riferimento alla trattazione esposta nelle lezioni introduttive.

*English*

The exam is meant to verify the student's competence about laboratory experiments with radiation detectors and advanced electronics. A laboratory written report is required.

The final exam consists of an oral discussion, of typical duration 40 to 50 minutes, in which the student is required to cover two of the topics developed in the laboratory sessions, discussing the results obtained from a physics viewpoint and making reference to the theory presented in the lectures.

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

- 1) Progettazione e prova di una catena di misura comprendente un rivelatore di particelle, una catena di amplificazione e un sistema di acquisizione dati.  
Verranno sviluppati un programma LabVIEW per la gestione degli strumenti e un programma in linguaggio C/C++ per l'acquisizione dei dati.
- 2) Esperienza con un generatore di raggi X e un rivelatore a stato solido per ottenere immagini radiografiche in scansione.  
Verranno sviluppati: il controllo e l'acquisizione dati dal rivelatore a stato solido con LabVIEW, l'analisi delle immagini con software C/C++ e/o ImageJ.

*English*

- 1) Design and test of a chain including a particle detector, an amplification chain and a data acquisition system.  
Development of a LabVIEW program for instrumentation control and a C/C++ program for data acquisition.
- 2) Experiment with X-ray generator and solid-state detector to obtain radiographic images in scanning mode.  
Development of control and solid-state detector data acquisition using LabVIEW; development of image analysis using C/C++ and/or ImageJ programming environments.

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

J. Millman, A. Grabel: "Microelectronics", 2nd ed., McGraw-Hill 1987;

G. Knoll, "Radiation detection and measurement", Wiley and Sons;

Johns and Cunningham, "The Physics of Radiology", Charles C. Thomas publisher;

A. Del Guerra (ed.), "Ionizing radiation Detectors for Medical Imaging", World Scientific 2004

## NOTA

*Italiano*

Frequenza: obbligatoria per la parte di laboratorio.

*English*

Attendance is mandatory for the laboratory sessions.

Moduli didattici:

- Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate
- Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=26cd](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=26cd)

---

## Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate

*Laboratory of advanced technologies in Physics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0904A
Docenti:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

## PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

## PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

## OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

**NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=f8b4](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=f8b4)

---

## Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate

### *Laboratory of advanced technologies in Physics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0904B
Docenti:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=7d48](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=7d48)

---



## Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate

### *Laboratory of advanced technologies in Physics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0904A
Docente:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=f8b4](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=f8b4)

---



## Laboratorio di tecnologie fisiche avanzate

### *Laboratory of advanced technologies in Physics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0904B
Docente:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	3
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=7d48](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=7d48)

---



## Macroeconomics II

### *Macroeconomics II*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	ECO0161
Docente:	Prof. Fabio Cesare Bagliano (Titolare del corso)
Contatti docente:	+390116706084, <a href="mailto:fabio.bagliano@unito.it">fabio.bagliano@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	SECS-P/01 - economia politica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Inglese
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Scritto

#### **PREREQUISITI**

Working knowledge of microeconomics and macroeconomics at the level of three-year undergraduate courses is required. The formalized analysis of macroeconomic models requires familiarity with the mathematical and statistical tools acquired in the three-year undergraduate program in Economics. In particular, extensive use of differential calculus and constrained optimization techniques will be made.

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

The course will provide students with a deep and up-to-date knowledge of modern theories of economic fluctuations and the related techniques of macroeconomic analysis and model-building.

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

During the course, students will learn how to apply economic concepts and methodologies to actual economic problems and situations related to business cycle fluctuations, drawing the appropriate policy implications, and how to autonomously apply rigorous macroeconomic thinking with the support of quantitative methods, in order to formulate personal judgements on economic developments and policy issues.

The course will enable students to understand the most recent developments in macroeconomic theory and will be a suitable basis for further research work in macroeconomics.

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

The course will cover the following topics:

1. The "neoclassical synthesis"
2. The "natural" rate of unemployment and the long-run Phillips curve
3. The "rational expectations" hypothesis and the business cycle theory of the New Classical Macroeconomics
4. Nominal rigidities, rational expectations, and the effectiveness of stabilization policies
5. Dynamic macroeconomic models with rational expectations: (a) output and the stock market; (b) exchange rate dynamics in open economies
6. The "real business cycle theory"
7. The "New-Keynesian Macroeconomics": macroeconomic implications of imperfections in labor and goods markets

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

The course is not based on a textbook. For most topics, lecture notes will be circulated; moreover, for each topic, a set of readings (mostly drawn from scientific international journals) will be provided, with the original presentations of the models presented in the lectures.

A detailed reading list, lecture notes and other material can be found in the web page of the course:

[http://web.econ.unito.it/bagliano/macroeconomics2\\_1314.html](http://web.econ.unito.it/bagliano/macroeconomics2_1314.html)

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?  
\\_id=xici;sort=DEFAULT;search=%20%7banno%7d%20%3d%7e%20m%2f1%b0%20anno%2fi%20;hits=9](http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=xici;sort=DEFAULT;search=%20%7banno%7d%20%3d%7e%20m%2f1%b0%20anno%2fi%20;hits=9)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=f07f](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=f07f)

---

## Mathematics for insurance

### *Mathematics for insurance*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	
Docente:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	SECS-S/06 - metodi matematici dell'economia e delle scienze att. e finanz.
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	Scritto ed orale

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

The main purpose is to introduce Insurance Mathematics, life and non-life, providing a general foundation to the mathematics of the insurance business, in which probability, individuals' and companies' behaviour towards risk play a fundamental role. Financial considerations are also important, as they affect life insurance policy choices.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

Knowledge and understanding

Basic knowledge of mathematical modelling in life and non life insurance, ability to interpret most insurance policies from a mathematical point of view.

Applying knowledge and understanding

Ability to convert various policies into formulas, and to assess what is due by the counterparts of an insurance policy. Ability to implement actuarial formulas on a PC.

Making judgements

Students will be able to discern the different aspects in an insurance policy, whether actuarially founded or not.

Communication skills

Students will properly use in written expression the symbols of insurance mathematics, and will be able to interpret them (i.e., looking at a formula, be able to recognise the underlying facts).

#### Learning skills

The skills acquired will give students the opportunity of improving and deepening their knowledge of the different aspects of the practice of insurance. They will thus move comfortably in any work environment dealing with insurance problem-solving.

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

Different types of risk.

Non-life insurance: policy, premium, claims, claim cost. Fair premium, net premium, premium loading and tariff rates. The total claims cost.

Utility theory framework. The ruin problem.

Life insurance: Lifetime of an individual aged  $x$ . Life statistical tables and analytical models. Endowment, pure endowment, insurance in case of death. Life annuities. Commuting formulas. Reserves in prospective and retrospective form. Recursion formulas for reserves. Decomposition of a premium into savings and risk premium. Expected profit according to Homan's formula.

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

Lecture Notes available on KLIPS

Further suggested readings:

Erwin STRAUB, Non-Life Insurance Mathematics, Springer Verlag 1988

Hans U. GERBER, Life Insurance Mathematics, Springer Verlag 1990

Ermanno PITACCO, Elementi di Matematica delle Assicurazioni, 2° ediz., LINT Editoriale Associati, Trieste, 2002 (II edizione)

**NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://www.masters-finins.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=akop;sort=DEFAULT;search=;hits=21](http://www.masters-finins.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=akop;sort=DEFAULT;search=;hits=21)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=daa7](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=daa7)

---

# Meccanica quantistica II

## Quantum mechanics II

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0353
Docente:	Prof. Mariaelena Boglione (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 - 6707211, <i>boglione@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

*English*

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Le informazioni su programma, crediti ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza.

*English*

Information on programme, credits and examination calls are available clicking on the item "avvalenza".

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?\\_id=46c1;sort=DEFAULT;search=;hits=236](http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?_id=46c1;sort=DEFAULT;search=;hits=236)



# Meccanica quantistica relativistica

## *Relativistic Quantum Mechanics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0574
Docente:	Prof. Paolo Gambino (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 6707216, <i>paolo.gambino@unito.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

*English*

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

*English*

**MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

**MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

**ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

**TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

**NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=9d6b;sort=DEFAULT;search=&hits=155](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=9d6b;sort=DEFAULT;search=&hits=155)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=1d0f](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=1d0f)

---

## Meccanica statistica

### *Statistical Mechanics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0350
Docente:	Prof. Carlo Angelantonj (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 670 7220, <i>carlo.angelantonj@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

#### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

*English*

#### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Le informazioni su programma, crediti ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza.

*English*

The information on programme, credits and examination calls are available clicking on the item "avvalenza".

Mutuato da: <http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show? id=e09;sort=DEFAULT;search=&hits=236>



## Meccanica statistica B

### *Statistical Mechanics B*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0352
Docente:	Prof. Alberto Lerda (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 6707221, <a href="mailto:lerda@to.infn.it">lerda@to.infn.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

##### *Italiano*

Conoscenza dei fondamenti della meccanica classica, dell'elettromagnetismo e della meccanica quantistica.

##### *English*

Knowledge on the fundamentals of Classical Mechanics, of Electromagnetism and Quantum Mechanics.

#### PROPEDEUTICO A

##### *Italiano*

##### *English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

##### *Italiano*

Fornire agli studenti i concetti base della meccanica statistica e delle sue applicazioni

##### *English*

To provide the students with the basic concepts of statistical mechanics and its applications.

#### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

##### *Italiano*

Al termine del corso lo studente conoscerà i concetti fondamentali della meccanica statistica classica e quantistica.

##### *English*

At the end of the course the student will know the fundamental concepts of classical and quantum statistical mechanics.

#### MODALITA' DI INSEGNAMENTO

*Italiano*

Lezioni frontali

*English*

Class-taught lessons

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

esame orale

*English*

Oral examination

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

*Italiano*

Il corso studia le basi statistiche della termodinamica, discutendo in particolare l'approccio all'equilibrio, la teoria degli insiemi statistici e le transizioni di fase. Come applicazioni, verranno studiati vari sistemi statistici, in particolare i gas ideali, i sistemi magnetici.

Programma del corso di Meccanica Statistica B

Corso di Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei Sistemi Complessi

Università di Torino - Università del Piemonte Orientale

Anno accademico 2015/2016

- Introduzione al corso e richiami di termodinamica.
- Meccanica statistica classica: gli ensembles di Gibbs.
- L'ensemble microcanonico:
  - Collegamento con la termodinamica. Formula dell'entropia.
  - Esempi e applicazioni dell'ensemble microcanonico.
  - Paradosso di Gibbs e sua risoluzione.
- L'ensemble canonico:
  - Funzione di partizione ed energia libera di Helmholtz.

Esempi ed applicazioni dell'ensemble canonico.

Teoremi di fluttuazione e dissipazione.

- Teorema di Nernst.

- L'ensemble gran-canonico:

La funzione di partizione gran-canonica.

Esempi ed applicazioni dell'ensemble gran-canonico.

- Introduzione alla meccanica statistica quantistica.

- La matrice densità.

Esempi ed applicazioni per sistemi ad una particella.

La matrice densità dell'oscillatore armonico.

- Sistemi di particelle identiche: Statistica di Bose-Einstein e di Fermi-Dirac.

- La matrice densità per N particelle libere.

- I gas ideali quantistici.

- Il gas ideale di Bose:

Proprietà generali.

Limiti di alte e basse temperature.

- Condensazione di Bose-Einstein: esempi e applicazioni.

- Il gas di fotoni e la legge del corpo nero.

- Il gas di fononi: teorie di Einstein e di Debye per il calore specifico dei solidi.

- Il gas ideale di Fermi:

Proprietà generali. Energia di Fermi.

Limiti di alte e basse temperature

- Il diamagnetismo di Landau e livelli di Landau.

- Introduzione alle transizioni di fase:

Descrizione termodinamica delle transizioni di fase e loro classificazione.

Regola di Gibbs.

- Introduzione alla teoria di Lee-Yang per le transizioni di fase:

Teoremi di Lee-Yang;

Singularità della funzione di partizione; esempi ed applicazioni.

- Introduzione al modello di Ising:

Il modello di Ising in  $d=1$ .

Il modello di Ising in  $d=2$ :

Sviluppo ad alte temperature e basse temperature

Dualità di Kramers-Wannier e punto critico.

- Cenni sulla teoria del campo medio applicata al modello di Ising
- Commenti conclusivi.

*English*

The course aims at providing the basic concepts of thermodynamics, discussing in particular the equilibrium processes, the theory of statistical ensembles, and phase transitions. Several different statistical systems will be studied, in particular the ideal gases, the magnetic systems.

Programme of the course "Statistical Mechanics B"

Interacademic degree in Physics of Complex Systems

University of Turin - University of Eastern Piedmont

Academic Year 2015/2016

- Introduction to the course and recalls to thermodynamics.

- Classical Statistical Mechanics: Gibbs ensembles.

- Microcanonical ensemble:

Link to Thermodynamics. Entropy's formula.

Examples and applications of microcanonical ensemble.

Gibbs paradox and its solution.

- Canonical ensemble:

Partition function and Helmotz Free Energy.

Examples and applications of canonical ensemble.

Fluctuation and dissipation theorems.

- Nernst theorem.

- Grand-canonical ensemble:

Grand-canonical partition function.

Examples and applications of grand-canonical ensemble.

- Introduction to Quantum Statistical Mechanics.

- Density matrix.

Examples and applications to single particle systems.

Density matrix for the harmonic oscillator.

- Identical particles systems: Bose-Einstein and Fermi-Dirac statistics.

- Density matrix for N free particles.
- Quantum Ideal Gas.
- Bose ideal gas:
  - General properties.
  - High and low temperatures limits.
- Bose-Einstein condensation: examples and applications.
- Photons gas and black body law.
- Phonons gas: Einstein and Debye theories for solid specific heat.
- Fermi ideal gas:
  - General properties. Fermi energy.
  - High and low temperatures limits.
- Landau diamagnetism and Landau levels.
- Introduction to phase transitions:
  - Thermodynamic description of phase transitions and their classification.
  - Gibbs rule.
- Introduction to Lee-Yang theory for phase transitions:
  - Lee-Yang theorems;
  - Partition function singularities; examples and applications.
- Introduction to Ising model:
  - Ising model in  $d=1$ .
  - Ising model in  $d=2$ :
    - Expansion at high and low temperatures.
    - Kramers-Wannier duality and critical point.
- Hints to average field theory applied to Ising model.
- Final comments.

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

- K. Huang, Meccanica Statistica, Zanichelli;
- R.K. Pathria & P.D. Beale, Statistical Mechanics, Elsevier Ltd.;
- L.E. Reichl, A modern course in Statistical Physics, Univ. of Texas Press.

#### **NOTA**

*Italiano*

Frequenza: facoltativa. Valutazione: esame orale.

*English*

Attendance: discretionary. Evaluation: oral examination.

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=5c47>

---

## Meccanica statistica del disequilibrio: fondamenti e applicazioni

### *Nonequilibrium statistical mechanics: foundations and applications*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0374
Docente:	Prof. Lamberto Rondoni (Titolare del corso)
Contatti docente:	0110907533, <i>lamberto.rondoni@unito.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	MAT/07 - fisica matematica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Inglese
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

##### *Italiano*

Corsi di base di fisica e matematica delle lauree triennali.

##### *English*

First and second year mathematics and physics courses.

#### PROPEDEUTICO A

##### *Italiano*

##### *English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

##### *Italiano*

Il corso intende fornire le basi teoriche per la comprensione dei fenomeni fisici di disequilibrio, partendo dalle classiche relazioni di fluttuazione e dissipazione e della risposta lineare, per arrivare alle moderne teorie e relazioni di fluttuazione, che sono di interesse in sistemi molto lontani dall'equilibrio e soprattutto nelle moderne bio e nanotecnologie.

##### Indicatori di Dublino

##### Conoscenza e comprensione

Il corso, ripercorre i progressi della fisica di dei fenomeni di disequilibrio per evidenziare la loro applicabilità e le loro limitazioni, avendo presenti i problemi delle moderne tecnologie, cosicché gli studenti possano poi comprendere ed eventualmente sviluppare lo stato dell'arte.

##### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Agli studenti è richiesto lo studio di articoli specialistici della bibliografia presente, al fine di renderli il più possibile autonomi nei lavori di ricerca che svolgeranno, per esempio in occasione della tesi di laurea.

## *English*

This course aims at providing the fundamental theoretical understanding of nonequilibrium phenomena, beginning with fluctuation-dissipation relations and linear response. Then the course focuses on the modern theories of nonequilibrium physics, including fluctuation relations, that are of interest in far from equilibrium situations, as well as in modern bio- and nano-technologies.

Dublin indicators

Knowledge and understanding

This course constitutes a review of the physics of nonequilibrium phenomena, focusing on the applicability and limitations of the various approaches developed in more than a century. This is done with an eye on modern technology, so that students may understand the current literature and possibly further develop it.

Capability to apply knowledge and understanding

Students are required to study papers of the current specialized literature, so that they become autonomous in their research work, for instance leading to their Master thesis.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

Capacità di comprensione della letteratura corrente sui fenomeni di disequilibrio

*English*

Expected learning outcomes:

Understanding current literature on nonequilibrium phenomena

### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

Lezioni teoriche in classe

*English*

Theoretical lectures in class

### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

L'esame consiste di una prova orale, della durata di 30-40 minuti. Ci sono due possibili modalità d'esame. Il primo modo prevede domande che possono spaziare su tutto il programma svolto a lezione (esame pieno). Il secondo modo si limita alla presentazione di un argomento di interesse corrente nella ricerca sui fenomeni di disequilibrio, che evidenzia le conoscenze acquisite nel corso e in tale ricerca (modalità semplificata con alcune limitazioni sull'esito finale). In caso di non superamento dell'esame la ripetizione dello stesso deve avvenire non prima di un mese dal primo tentativo.

*English*

The exam is oral and lasts about 30-40 minutes. The student may choose to answer questions on all the subjects of the course (full exam), or may give a presentation on a research subject previously agreed with the teacher (simplified exam, with some limitation on the final grade). In case a failure, at least one month has to pass before the

exam can be repeated.

## ATTIVITÀ DI SUPPORTO

*Italiano*

*English*

## PROGRAMMA

*Italiano*

Termodinamica del disequilibrio:

- equilibrio locale, equazioni di bilancio e idrodinamiche;
- moto Browniano e teorema di fluttuazione-dissipazione;
- reciprocità di Onsager;
- relazioni di Green e Kubo;
- teoria di Onsager e Machlup.

Ensembles and misure invarianti:

- fondamenti microscopici e ruolo del caos;
- ipotesi ergodica e ipotesi caotica;
- trasporto anomalo.
- Equazione di Boltzmann.

Sistemi lontani dall'equilibrio e di scala nanoscopica:

- equivalenza e non-equivalenza degli ensemble;
- modelli dinamici;
- estensioni della teoria lineare;
- relazioni transienti di fluttuazione (Evans-Searles, Jarzynski, Crooks, Hatano-Sasa);
- relazioni stazionarie di fluttuazione (Evans-Cohen-Morriss, Gallavotti-Cohen);
- legami con la risposta lineare.

*English*

Nonequilibrium thermodynamics:

- local equilibrium, balance equations and hydrodynamic equations;
- Brownian motion and fluctuation-dissipation theorem;
- Onsager reciprocal relations; Green-Kubo relations;
- Onsager-Machlup theory.

Ensembles and invariant measures:

- microscopic foundations and the role of chaos;
- ergodic and chaotic hypotheses;
- anomalous transport. Boltzmann equation.

Far from equilibrium and nanoscale systems:

- Equivalence and non-equivalence of ensembles;
- dynamical models;
- extensions of the linear theory to far from equilibrium systems;
- transient fluctuation relations (Evans-Searles, Jarzynski, Crooks, Hatano-Sasa);
- steady state fluctuation relations (Evans-Cohen-Morriss, Gallavotti-Cohen);
- link with linear response.

#### TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

- D. J. Evans, G. P. Morriss, Statistical mechanics of nonequilibrium liquids, Cambridge Univ. Press (2008)
- H. B. Callen, Thermodynamics, Wiley (1966)
- E. Fermi, Thermodynamics, Dover (1956)
- S. R. de Groot, P. Mazur, Non-equilibrium thermodynamics, Dover (1984)
- H. Risken, The Fokker-Planck equation, Springer (1989)
- R. Kubo, M. Toda, N. Hashitsume, Statistical Physics II, Springer-Verlag (1983)
- D. A. Kirzhnits, Field Theoretical Methods in Many-Body Systems, Pergamon Press (1967)
- M. I. Friedlin and A. D. Wentzell. Random Perturbations of Dynamical Systems, Berlin, Springer, (1984)
- G. Gallavotti. Statistical Mechanics: a Short Treatise. Springer Verlag Berlin, 2000
- Carlo Cercignani, The Boltzmann Equation and Its Applications, New York, Springer- Verlag, 1988

#### NOTA

##### *Italiano*

L'aula di lezione è presso il Dipartimento di Scienze Matematiche del Politecnico di Torino.

##### *English*

Classes are held in lecture halls of the Department of Mathematics of Politecnico di Torino.

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=a925](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=a925)

---

## Metodi di osservazione e misura

### *Observation and measurement methods*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0344
Docente:	Dott. Giovanni Mana (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 3919 728 / 760, <i>g.mana@inrim.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale FIS/07 - fisica applicata (a beni culturali, ambientali, biologia e medicina) ING-IND/12 - misure meccaniche e termiche ING-INF/07 - misure elettriche ed elettroniche
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

per informazioni sul corso, materiale didattico e appelli vedere

[http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=9735;sort=DEFAULT;search=;hits=128](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=9735;sort=DEFAULT;search=;hits=128)

*English*

For information about course, educational material and examination calls please see

[http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=9735;sort=DEFAULT;search=;hits=128](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=9735;sort=DEFAULT;search=;hits=128)

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=9735;sort=DEFAULT;search=;hits=128](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=9735;sort=DEFAULT;search=;hits=128)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=e089](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=e089)

---

# Metodi matematici per la fisica della complessità

## *Mathematical methods for Physics of Complexity*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0358
Docente:	Dott. Paolo Aschieri (Titolare del corso)
Contatti docente:	0131360380 - 0116707241, <i>aschieri@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Scritto ed orale

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Acquisizione delle conoscenze e delle tecniche matematiche più importanti per la fisica. Complementi di analisi funzionale e analisi delle variabili complesse.

*English*

Achievement of the knowledge and of the most important mathematical techniques for physics. Further concepts on functional analysis and complex variable analysis.

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

*English*

## MODALITA' DI INSEGNAMENTO

*Italiano*

*English*

## MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

*Italiano*

*English*

## ATTIVITÀ DI SUPPORTO

*Italiano*

*English*

## PROGRAMMA

*Italiano*

### PROGRAMMA DI METODI MATEMATICI PER LA FISICA

1. Riepilogo delle basi dell'analisi complessa: funzioni analitiche, integrali di linea e serie di Laurent
2. Integrali con il metodo dei residui di Cauchy, Calcolo delle serie con il metodo dei residui.
3. Funzioni polindrome, Superfici di Riemann, Definizione del Logaritmo e delle radici
4. Integrali con funzioni polindrome, tagli e punti di diramazione
5. Punto all'infinito, Sfera di Riemann, Spazio proiettivo  $P^1$ , Funzioni meromorfe sulla sfera
6. Integrali con il residuo del punto all'infinito e di funzioni polindrome
7. Valore principale dell'integrale
8. Funzioni analitiche definite mediante integrali e metodo dei momenti
9. Funzioni speciali: Gamma di Eulero e di Riemann
10. Trasformazioni conformi, esempi e applicazioni
11. Introduzione alle distribuzioni, topologia e spazi di Frechet
12. Esempi di distribuzioni, proprietà e applicazioni alle equazioni differenziali ordinarie
13. Trasformata di Fourier delle distribuzioni e calcolo della funzione di Green
14. Equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE)
15. PDE lineari alle derivate prime
16. PDE quasi- e non- lineari

17. Sistemi di PDE lineari alle derivate prime
18. introduzione alle PDE al secondo ordine
19. Esempi di PDE alle derivate seconde e metodo delle funzione di Green.
20. Esempi di PDE iperboliche, ellittiche e paraboliche.

*English*

#### PROGRAM FOR MATHEMATICAL METHODS FOR PHYSICS

1. Review of basic complex analysis: analytic functions, integrals and Laurent expansion
2. Integrals with Cauchy residue method. Series computations with Cauchy formula
3. Multivalued functions, Riemann surfaces, Definition of Logarithm and Square Root
4. Integrals of multivalued functions, Cuts and Branch points.
5. Point at Infinity, Riemann Sphere, Projective Space  $P^1$ , Meromorphic Functions on Riemann Sphere
6. Integrals with the residue at the point at Infinity and multivalued functions.
7. Principal Value of the integrals
8. Analytic Functions defined by means of integrals, Method of Momenta
9. Special Functions: Euler Gamma function and Riemann function
10. Conformal Transformations, Examples and Applications
11. Introduction to Distributions, topology of the Frechet spaces
12. Examples of distributions, properties, applications to differential equations
13. Fourier Transform of distributions, computation of Green's functions
14. Partial Differential Equations, Introduction
15. Linear PDE of the first order
16. Quasi- and Non-linear PDE, solutions and methods
17. Systems of Linear PDE of the first order
18. Introduction to second order PDE
19. Examples of PDE, their solutions and Green's function method
20. Hyperbolic, Elliptic and Parabolic Examples.

#### TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

Complex Analysis, by Joseph Bak and Donald J. Newman, Eds. Springer

Applied Partial Differential Equations. By J. Ockendon, S. Howison, A. Lacey. & A. Movchan. Oxford University Press

Methodes mathematiques pour les sciences physiques, L. Schwartz. Herman, France.

#### NOTA

*Italiano*

Frequenza: facoltativa. Valutazione: esame orale.

*English*

Attendance: discretionary. Evaluation: oral examination.

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=0b84](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=0b84)

## Microeconomia II

### *Microeconomics II*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0377
Docente:	Prof. Mario Ferrero
Contatti docente:	0131-283716, <a href="mailto:mario.ferrero@sp.unipmn.it">mario.ferrero@sp.unipmn.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	10
SSD attività didattica:	SECS-P/01 - economia politica
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Teoria microeconomica a livello intermedio, con adeguata formalizzazione matematica.

*English*

Microeconomic theory at intermediate level, with an adequate mathematical formalisation.

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

Capacità di maneggiare i modelli base della microeconomia, con alcune applicazioni.

*English*

Capability to handle basic model of microeconomics, with some applications.

### MODALITA' DI INSEGNAMENTO

*Italiano*

*English*

## MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

*Italiano*

*English*

## ATTIVITÀ DI SUPPORTO

*Italiano*

*English*

## PROGRAMMA

*Italiano*

Il corso si compone di due parti. La prima ripercorre gli argomenti del corso di Microeconomia I del triennio, introducendo una formalizzazione matematica.

La seconda consiste in complementi e approfondimenti ulteriori, in particolare i seguenti:

1. Equilibrio generale: i due teoremi dell'economia del benessere.
2. Incertezza e rischio. La teoria dell'utilità attesa.
3. Modelli di oligopolio. Monopolio bilaterale e contrattazione. Concorrenza spaziale. Giochi strategici. Equilibri di Nash.
4. Esternalità nel consumo e nella produzione. Libero accesso.
5. Beni pubblici. Concorrenza fiscale e clubs.

*English*

The first part of the course revisits the themes of the undergraduate course "Microeconomy I" with greater mathematical rigour. The second part consists in additional topics, in detail:

1. General equilibrium: the two theorems of welfare economy.
2. Uncertainty and risk. The theory of expected utility.
3. Models of oligopoly. Bilateral monopoly and contracts. Spatial competition. Strategic games. Nash equilibria.
4. Externalities in production and consumption.
5. Public commodities. Fiscal competition and clubs.

## TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

*Italiano*

H. VARIAN, Microeconomia, IV ed., Cafoscarina, Venezia 1998, capitoli scelti. Materiali didattici che saranno forniti durante il corso.

*English*

H. VARIAN, Microeconomia, IV ed., Cafoscarina, Venezia 1998, given chapters. Educational materials which will be given during the course.

**NOTA**

*Italiano*

Frequenza: facoltativa. Valutazione: due esami scritti.

*English*

Attendance: discretionary. Evaluation: two written examinations.

Mutuato da: [http://digspes.unipmn.it/offerta\\_formativa/programma.php?aa=1314&id=155](http://digspes.unipmn.it/offerta_formativa/programma.php?aa=1314&id=155)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=8da3](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=8da3)

---

## Microeconomics II

### *Microeconomics II*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0747
Docente:	Prof. Francesco Serafino M. Devicienti (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116706288, <a href="mailto:francesco.devicienti@unito.it">francesco.devicienti@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	SECS-P/01 - economia politica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Scritto

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

Knowledge and understanding.

The course will provide students with an advanced knowledge of standard Microeconomic Theory.

Applying knowledge and understanding.

At the end of the course the student will be able to manage the main tools of Microeconomics Analysis and to solve standard maximization problems.

Making judgements.

The student will have notions of how Microeconomic Theory can be fruitfully applied for undertaking sound empirical analysis.

Communication skills.

Students will learn how to effectively organize ideas mainly in written form. They are required to summarize, discuss and criticize the results of some selected academic papers.

Learning skills.

The course will enable students to understand the main building blocks of Microeconomic Theory and will provide them with a necessary toolkit for undertaking further research work in Economics.

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

The theory of the firm: production and costs

Empirical Application: cost function estimation

The firm and the market: perfect competition and monopoly

Theory of Consumer Behaviour: from preferences to demand

Empirical Application: demand function estimation

The consumer and the Market: labour supply and saving decisions

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

F. COWELL, Microeconomics- Principles and Analysis, Oxford University Press, 2006.  
Handouts prepared by the teacher.

#### **NOTA**

Written exam. See the teacher's personal web page for further information (program, lecture slides, exam papers with solutions).

Mutuato da: [http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=brkh;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^fdevicie%20.v.%2fm%20and%20{url\\_avvalenza}%20eq%20%27%27%20and%20{qq}](http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=brkh;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^fdevicie%20.v.%2fm%20and%20{url_avvalenza}%20eq%20%27%27%20and%20{qq})

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=f8c7](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=f8c7)

---

## Modelli matematici per i sistemi complessi

### *Mathematic Models for Complex Systems*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0372
Docente:	Prof. Nicola Bellomo (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 564 7514, <a href="mailto:nicola.bellomo@polito.it">nicola.bellomo@polito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	MAT/07 - fisica matematica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Obbligatoria
Tipologia esame:	Scritto

#### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

#### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Acquisizione delle conoscenze e delle tecniche matematiche più importanti per lo studio dei sistemi complessi.

*English*

Achievement of the knowledge and the most important mathematical techniques for the study of complex systems.

#### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

*English*

#### MODALITA' DI INSEGNAMENTO

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

Il corso si rivolge a metodi e modelli matematici per lo studio dei sistemi complessi con particolare attenzione ai sistemi di molti soggetti interagenti nelle scienze della vita. Le interazioni risultano non-linearmente additive e la dinamica collettiva non corrisponde a quella di pochi elementi. Infatti i sistemi viventi hanno l'abilità di sviluppare una intelligenza collettiva.

In particolare verranno trattati i seguenti temi: Introduzione ai Paradigmi della Complessità; "Scaling" nella modellazione matematica e classificazione equazioni; Introduzione ai metodi matematici per la modellazione dei sistemi complessi; Teoria dei giochi; Dinamica dei fenomeni di apprendimento; Modelli competizione sociale; Mercati finanziari; Dinamica del traffico, folle e sciami; Modelli di diffusione delle opinioni e competizione politica; Modelli a molte scale in biologia.

Gli studenti che intendono seguire il corso sono pregati di contattare [nicola.bellomo@polito.it](mailto:nicola.bellomo@polito.it) per acquisire il testo PDF delle lezioni.

*English*

Lectures are devoted to the study mathematical models and methods towards the study of complex systems with special focus on the study large systems of interacting living entities.

Interactions are not linearly additive as a collective intelligence can be developed so that the dynamics of the whole does not correspond to that of a few entities.

Specific topics are: Introduction of complexity paradigms; Scaling and mathematical tools; Game theory; Learning

dynamics; Models of social competition; of financial markets; of traffic, crowds and swarms; Opinion formation and political competition; multiscale methods in biology.

Students planning to attend this Course are invited to contact [nicola.bellomo@polito.it](mailto:nicola.bellomo@polito.it) to get the PDF text of the lectures.

### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

Libro di Testo: Appunti delle lezioni tratti dal testo:

N. Bellomo, Complex Living Systems – A kinetic theory and Stochastic Games, Approach, Birkhauser-Springer, Boston, (2008)

*English*

Textbook: lecture notes from the book:

N. Bellomo, Complex Living Systems – A kinetic theory and Stochastic Games, Approach, Birkhauser-Springer, Boston, (2008)

### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=ff97](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=ff97)

---

## Onde non lineari e Turbolenza

### *Nonlinear waves and turbulence*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	FIS0024
Docente:	Prof. Miguel Onorato (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116707454, <i>miguel.onorato@unito.it</i>
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/03 - fisica della materia
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=c820;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^monorato%20.v.%2fm%20and%20{qq}%20ne%20%27236e%27;hits=2](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=c820;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3d~%20%2f^monorato%20.v.%2fm%20and%20{qq}%20ne%20%27236e%27;hits=2)



# Probabilità applicata e processi stocastici

## *Algorithms for optimization and statistical inference*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0744
Docente:	Prof. Riccardo Zecchina (Titolare del corso) Prof. Alfredo Braunstein (Titolare del corso)
Contatti docente:	<i>riccardo.zecchina@unito.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	MAT/07 - fisica matematica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Insegnamento obbligatorio per la Laurea Magistrale in Physics of Complex Systems, collocato al II pd del I anno. In questo insegnamento vengono introdotti alcuni aspetti della teoria dell'informazione culturalmente affini alla fisica statistica, il cui studio viene parallelamente approfondito nell'insegnamento Statistical Physics and Biophysics. L'insegnamento conduce allo sviluppo di algoritmi approssimati per problemi NP-completi che presentano transizioni di fase nella complessità computazionale, problema analogo allo sviluppo di metodi approssimati per lo studio di modelli della meccanica statistica che presentano transizioni di fase.

*English*

Mandatory teaching for the Master Degree in Physics of Complex Systems, planned for the II Educational Period of the I year. During this course some aspects of the information theory culturally related to Statistical Mechanics are introduced, whose study is elaborated in parallel in the course Statistical Physics and Biophysics. The course leads to the development of approximate algorithm for NP-complete problems, which present phase transitions in computational complexity, issue which is similar to the development of approximate methods for studying models of Statistical Mechanics which present phase transitions.

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

Lo studente deve apprendere i concetti fondamentali della teoria della complessità, le tecniche per l'analisi della complessità computazionale di un algoritmo e i principali algoritmi approssimati per problemi NP-completi. Deve inoltre imparare ad applicare tali algoritmi a problemi di inferenza statistica e di ottimizzazione combinatoria.

*English*

The student must learn the fundamental concepts of the complexity theory, the techniques for analyse computational complexity of an algorithm and the main approximate algorithms for NP-complete problems. He has also to learn how to apply these algorithms to problems of statistical interference and combinatoric optimization.

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

L'insegnamento consiste di lezioni teoriche per un totale di 45 ore più esercitazioni svolte in aula per un totale di 15 ore.

*English*

The course consists of theoretical lessons (up to 45 hours) plus practice exercises discussed at class (up to 15 hours).

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

L'esame consiste in una prova orale riguardante il contenuto del programma o, in alternativa, in un progetto su un tema legato ad alcuni degli argomenti trattati nel corso, concordato con il docente e svolto individualmente dallo studente.

*English*

The final exam can be chosen as either an oral exam on the contents of the course or, alternatively, an individual written project on a topic, closely related to the ones of the course, that has to be agreed upon with the lecturer.

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

*Italiano*

- Ricorsione e programmazione dinamica.
- Introduzione alla teoria dei grafi.
- Strutture dati ed alberi.

- Algoritmi su grafi.
- Teoria della complessità ed NP-completezza.
- Teoria dell'informazione e inferenza statistica: massima entropia, massima verosimiglianza e ricostruzione di reti.
- Belief Propagation.
- Inferenza ed ottimizzazione su alberi: teorema di Chow-Liu
- Hidden Markov Models.

### *English*

- Recursion and dynamic programming.
- Introduction to graph theory.
- Trees and data structures.
- Algorithms on trees.
- Algorithmic complexity, polynomial reductions and NP-completeness.
- Information theory and statistical inference: maximum entropy, maximum likelihood and Boltzmann learning.
- Belief Propagation and inference on trees.
- Inference of Trees: Chow-Liu theorem.
- Hidden Markov models.

### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

Texts, readings, handouts and other learning resources:

- "Introduction to Algorithms", T.H. Cormen, C.E. Leiserson, R.L. Rivest, MIT Press, 2000.
- "Elements of the theory of computation", R. Lewis and C. H. Papadimitriou. Prentice-Hall.
- "Computer and Intractability. A Guide to NP-Completeness". M. R. Garey and D. S. Johnson. Publisher W. H. Freeman, 1979.
- "Information Theory, Inference, and Learning Algorithms", D. J. C. MacKay, Cambridge University Press, 2003.
- "Information, Physics and Computation", M. Mezard, A. Montanari, Oxford University Press, 2009.
- "Biological Sequence Analysis", Durbin, Eddy, Krogh, Mitchison, Cambridge University Press, 1998  
Assessment and grading criteria
- "Biological Sequence Analysis", Durbin, Eddy, Krogh, Mitchison, Cambridge University Press, 1998

### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [https://didattica.polito.it/pls/portal30/sviluppo.guide.visualizza?p\\_cod\\_ins=01NWJPF&p\\_a\\_acc=2016](https://didattica.polito.it/pls/portal30/sviluppo.guide.visualizza?p_cod_ins=01NWJPF&p_a_acc=2016)

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?id=a763>

---

## Processi stocastici per la fisica

### *Stochastic processes for physics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	FIS0013
Docente:	Luca Mortarini (Titolare del corso) Prof. Enrico Ferrero (Titolare del corso)
Contatti docente:	<i>l.mortarini@isac.cnr.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

*Italiano*

Elementi base di probabilità e statistica

*English*

Basics of probability and statistics

#### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Conoscenza e capacità di comprensione: Acquisizione di una solida preparazione di base per lo studio dei processi stocastici con applicazione ai sistemi fisici.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: capacità di realizzare modelli della realtà fisica basati sulla teoria dei processi stocastici e di comprendere teorie fisiche e matematiche basate sulle statistiche dipendenti dal tempo

*English*

Knowledge and understanding: Achievement of a solid basic preparation to study stochastic processes with the application to physical systems.

Applying knowledge and understanding: capability to create models of the physical reality based on stochastic processes theory and to understand physical and mathematical theories based on time-dependent statistics.

#### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

Capacità di sviluppare modelli stocastici

*English*

Capability to develop stochastic models

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **PROGRAMMA**

*Italiano*

Prima parte (4CFU):

Vettori e successioni di variabili casuali. Generalità e definizioni, trasformazioni, valori attesi, funzioni caratteristiche, convergenza stocastica, teoremi limite. Processi stocastici: concetti generali, sistemi senza memoria, sistemi lineari, spettri di potenza, random walk, moto Browniano, segnali deterministici nel rumore, Processi di Markov, generalità, Processi omogenei, Equazione di Chapman Kolmogorov, Catene di Markov a tempo discreto, catene a tempo continuo, processi continuo, equazione di diffusione, equazione di Fokker-Planck.

Seconda parte (2CFU), lezioni tenute da L. Mortarini:

1) Equazione del telegrafo, moto Browniano in n-dimensioni, tempo di permanenza; 2) Random Walk con passo variabile, cenni sulle grandi deviazioni e sulla superdiffusione; 3) Problema della rovina e tempo medio di uscita; 4)

Entropia, entropia di Shannon, principio di massima entropia e teorema di Shannon Mc-Millan; 5) Integrale sui cammini, ponte Browniano, Decomposizione di Karhunen-Loeve e teoria di Feynman-Kac; 6) Processi di Markov Continui, Integrazione stocastica, funzioni non-anticipative, Analisi di Ito e l'integrale di Stratonovich; 7) Crescita Malthusiana; 8) La buca di potenziale, Potenziali confinati ed equilibrio, processi di Ornstein-Uhlenbeck;

*English*

First part (4CFU):

Sequences of random variables. Stochastic processes: general concepts, linear systems, power spectra, random walks, Brownian motion, deterministic signals in the noise, omogeneous processes, Chapman-Kolmogorov equation, Markov chains and processes, diffusion equation, Fokker-Planck equation.

Second part (2CFU): Lessons taught by L. Mortarini

1) Telegraph Equation, Brownian motion in n-dimensions, in n-dimensioni, stopping time; 2) Random Walk with variable step, large fluctuations and super-diffusion; 3) Ruin problem and average exit time; 4) Entropy, Shannon Entropy, maximum Entropy principle and Shannon Mc-Millan theorem; 5) Path integrals, Brownian bridge, Karhunen-Loeve decomposition and Feynman-Kac theory; 6) Continuous Markov Processes, stochastic integration, non-anticipative functions, Ito Analysis and Stratonovich; 7) Malthusian growth; 8) The potential well, confining Potential and equilibrium, Ornstein-Uhlenbeck processes;

### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

Papoulis A. (1991) Probability, Random Variables and Stochastic Processes, Third edition, McGraw-Hill International

Gardiner C.W. (1990) Handbook of Stochastic Methods, Springer-Verlag

The Fokker-Planck Equation: Methods of Solutions and Applications, Hannes Risken, Till Frank, Springer 1996

G. Boffetta, A. Vulpiani, La probabilità in fisica, un'introduzione, Springer-Verlag, Italia, 2012

### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=4jdl](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=4jdl)

---

## Relatività generale: aspetti geometrici e globali

### *General Relativity: global and geometrical aspects*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0913
Docente:	Prof. Igor Pesando (Titolare del corso)
Contatti docente:	+39-0116707201, <i>ipesando@to.infn.it</i>
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [Relatività generale: aspetti geometrici e globali \(MFN0884\)](#)  
Classe dei corsi di laurea in Fisica



## Reti neurali

### *Neural networks*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0379
Docente:	Prof. Mario Ferraro (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116707376, <i>ferraro@ph.unito.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

Le informazioni su programma, crediti ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza

*English*

Information on programme, credits and examination calls are available clicking on the item "avvalenza".

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?\\_id=6e6f](http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?_id=6e6f)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=c013](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=c013)



## Seminario sulla comunicazione scientifica

### *Seminary on scientific communication*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0390
Docente:	
Contatti docente:	
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	2
SSD attività didattica:	
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

**MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

**MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

**ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

**TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

**NOTA**

*Italiano*

*English*



## Simulation models for economics

### *Simulation models for economics*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0378
Docente:	Prof. Pietro Garibaldi (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116706079, <a href="mailto:pietro.garibaldi@unito.it">pietro.garibaldi@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	SECS-P/01 - economia politica
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=xn91;sort=DEFAULT;search=%20%7banno%7d%20%3d%7e%20m%2f1%B0%20anno%2fi%20;hits=8](http://www.masters-economics.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=xn91;sort=DEFAULT;search=%20%7banno%7d%20%3d%7e%20m%2f1%B0%20anno%2fi%20;hits=8)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=ccb2](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=ccb2)

---

# Sistemi complessi per la biologia

## *Complex Systems for Biology*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0381
Docente:	Prof. Michele Caselle (Titolare del corso) Dott. Marco Regis (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 6707205, <a href="mailto:michele.caselle@unito.it">michele.caselle@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

### PREREQUISITI

*Italiano*

*English*

### PROPEDEUTICO A

*Italiano*

*English*

### OBIETTIVI FORMATIVI

*Italiano*

Il corso offre un'introduzione alla Biologia Computazionale, con particolare attenzione all'utilizzo delle tecniche più importanti di meccanica statistica e di fisica teorica per lo studio dei sistemi biologici.

*English*

The course offers a general introduction to Computational Biology, with a particular attention to the use and application of tools typical of Statistical Mechanics and Theoretical Physics to Systems Biology.

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

*Italiano*

Alla fine del corso lo studente avrà una conoscenza approfondita dei più moderni risultati nel campo della Biologia Computazionale, delle tecniche di inferenza in Biologia Molecolare e dei più moderni metodi di simulazione applicati ai sistemi biologici.

*English*

At the end of course the student will reach a good knowledge of the most advanced results in Computational

Biology, of inference methods in Molecular Biology and of the most advanced simulation techniques for Systems Biology.

### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

Lezione frontale, se necessario con uso di slide

*English*

Blackboard lectures. When needed with slides.

### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

L'esame è costituito da una prova orale, della durata tipica di 40-50 minuti, nella quale viene chiesto di affrontare ab initio due, o al più tre, argomenti svolti a lezione, discutendo sia gli aspetti fisici che biologici del problema. In caso di non superamento dell'esame la ripetizione dello stesso deve avvenire almeno due settimane dopo la prima prova.

*English*

The exam consists in an oral examination, of typical duration of 40-50 minutes, during which the student has to develop ab initio two of the topics explained during the lectures. The student has to demonstrate to have gained both physical insight and technical mathematical abilities. In case the exam fails, it cannot be repeated earlier than two weeks after the first attempt.

### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

### **PROGRAMMA**

*Italiano*

Si discuteranno alcune applicazioni della meccanica statistica ai sistemi biologici. In particolare:

- Entropia di Shannon e sue generalizzazioni per l'analisi di sequenze
- Catene di Markov nascoste e data mining
- Simulazione al computer di sistemi biologici:  
Metodi Montecarlo e Dinamica Molecolare
- Teoria dei network
- Dinamica dei circuiti di regolazione genica

*English*

We shall discuss a few applications of modern statistical mechanics to biological systems. In particular:

- Shannon entropy and sequence analysis
- Hidden Markov models and data mining
- Computer simulations of biological systems: Montecarlo and Molecular Dynamics.
- Network theory
- Biological circuits in Gene regulation

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

U. Alon "Introduction to Systems Biology" Chapman & Hall (2007)

#### **NOTA**

*Italiano*

Il Corso inizierà martedì 3 ottobre 2017

*English*

The lectures will start on tuesday, 3/10/2017

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=ec3f](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=ec3f)

---

## Sistemi dinamici

### *Dynamical Systems*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0349
Docente:	Prof. Guido Boffetta (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116707414, <i>boffetta@to.infn.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/07 - fisica applicata (a beni culturali, ambientali, biologia e medicina)
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?\\_id=ecc2](http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?_id=ecc2)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=9518](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=9518)

---

## Sistemi dinamici e teoria del caos

### *Dynamical Systems and Chaos Theory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0447
Docente:	Prof. Guido Magnano (Titolare del corso)
Contatti docente:	0116702814, <a href="mailto:guido.magnano@unito.it">guido.magnano@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	MAT/07 - fisica matematica
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://matematicalm.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=2aya;sort=DEFAULT;search=fdocente%20%3d~%20%2f^gmagnano%20.v.%2fm%20and%20{url\\_avvalenza}%20eq%20%27%27;hits=1](http://matematicalm.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=2aya;sort=DEFAULT;search=fdocente%20%3d~%20%2f^gmagnano%20.v.%2fm%20and%20{url_avvalenza}%20eq%20%27%27;hits=1)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=8486](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=8486)

---

## Tecniche di analisi numeriche e simulazione

### *Numeric Analysis and Simulation Technology*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0342
Docente:	Prof. Massimo Masera (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 6707373, <a href="mailto:massimo.masera@unito.it">massimo.masera@unito.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	B=Caratterizzante
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/01 - fisica sperimentale
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

Elementi di C++

*English*

Notions on C++

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

Lo scopo principale del corso è quello consolidare le conoscenze degli studenti relative all'analisi di dati sperimentali e di fornire gli strumenti per effettuare simulazioni Monte Carlo di processi fisici e di apparati sperimentali.

*English*

The main purpose of the course is to strengthen the knowledge of the students related to the analysis of experimental data and to give the instruments to perform Monte Carlo simulations of physical processes and of experimental equipments.

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

Gli studenti acquisiranno le competenze per effettuare simulazioni e ricostruzione di dati con tecniche di calcolo orientate agli oggetti: linguaggio C++ in ambiente ROOT.

*English*

The students will acquire the skills necessary for performing simulations and restoration of data with computational techniques object-oriented: C++ language in a ROOT environment.

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

Prova orale ed esecuzione di una simulazione Monte Carlo su un problema assegnato

*English*

Oral examination and performance of a Monte Carlo simulation on a given problem.

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italian*

Inferenza statistica. Probabilità. Teorema di Bayes. Interpretazione della probabilità: approccio frequentista e bayesiano. Variabili aleatorie e funzioni di variabili aleatorie. Convoluzione di Mellin e di Fourier. Riepilogo su distribuzioni di probabilità e loro momenti. Propagazione degli errori. Matrici di covarianza. Funzioni caratteristiche. Il metodo Monte Carlo. Generatori di sequenze di numeri pseudocasuali. Esempi di generatori: middle square, lineari congruenti, RANDU, minimal standard generator, Mersenne-twister. Caratteristiche per valutare la bontà di un generatore. Generatori implementati in ROOT. Utilizzazione di sequenze di numeri casuali con distribuzione uniforme per simulare processi quali il decadimento radioattivo. Esempi di implementazione in ROOT. Sequenze di numeri casuali con distribuzione assegnata: metodi dell'inversione, della reiezione e dell'importance sampling. Valutazione di integrali con tecniche Monte Carlo. Applicazione delle tecniche di inversione e reiezione. Confronto dei due metodi. Codici per il trasporto di particelle. Geant. Esempio: simulazione dello scattering Compton. Ipotesi e test statistici. Esempio: identificazione di particelle. Approccio bayesiano. Lemma di Neyman-Pearson. Funzione discriminante di Fischer. Goodness of fit. Livello di significatività osservata. Segnale/fondo: esempio di segnale poissoniano su fondo noto. Significatività statistica del risultato. Possibili problemi di interpretazione. Test di bontà di accordo nel caso di grandi campioni (Pearson) e piccoli campioni (approccio Monte Carlo). Stimatori e loro proprietà. Stimatori di massima verosimiglianza. Misure da esperimenti diversi. Fit: metodi di massima verosimiglianza e minimi quadrati. Bontà dell'accordo. Intervalli fiduciali secondo Neyman. Caso di stimatori gaussiani e poissoniani. Barre di errore asimmetriche e misure vicine a limiti fisici. Stime bayesiane: cenni.

Costituisce parte integrante del corso la realizzazione da parte degli studenti, divisi a gruppi e assistiti dal docente in aula informatica, di un programma di simulazione di un problema fisico (a puro titolo di esempio: rivelazione di muoni cosmici con un telescopio di camere RPC, rivelazione del punto di collisione con un rivelatore di "vertice", simulazione del trasporto di un fascio di particelle con dipoli e quadrupoli numerici)

### *English*

Statistical induction. Bayes' theorem. Interpretation of probability: frequentist and Bayesian approaches. Random variables and functions of random variables. Mellin and Fourier convolutions. Summary of relevant probability density functions. Moments of p.d.f. Error propagation. Covariance matrices. Characteristic functions. The Monte Carlo method. Pseudorandom numbers generators. Examples of generators: middle square, congruent linear methods, RANDU, minimal standard generator, Mersenne-Twister. Properties of a good pseudorandom number generator. Generators implemented in ROOT. Using uniformly distributed random numbers to generate sequences of numbers distributed according to a given function: techniques of inversion, rejection and importance sampling. Evaluating integrals with Monte Carlo techniques. Practical examples of inversion and rejection methods: comparison of the two techniques. Transport of particles: the Geant program suite. Example: simulation of the Compton scattering. Hypotheses and statistical tests. Example: particle identification. Bayesian approach. Neyman-Pearson lemma. Fisher discriminant function. Goodness of fit. Observed significance level. Signal/background: example of poissonian signal on a known background. Statistical significance of experimental results; possible interpretation problems. Goodness of fit tests in case of big samples (Pearson test) and small samples (Monte Carlo approach). Estimators and their properties. Maximum Likelihood estimators. Measurements from different experiments. Fits: maximum likelihood and least squares methods. Classical confidence intervals (Neyman). Gaussian and Poissonian estimators. Asymmetric error bars and measurements close to physical boundaries. Bayesian estimators. Students are expected to write a simulation and reconstruction program in C++ (e.g. cosmic rays detection with a telescope of RPC detectors, vertex reconstruction in a collider, etc) as a part of this course. This task is partly accomplished under the supervision of the teacher during laboratory sessions.

### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

#### *Italiano*

G. Cowan, Statistical Data Analysis, Clarendon, Oxford, 1998

M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica, Decibel/Zanichelli 1998

L. Lyons, Statistics for Nuclear and Particle Physics, Cambridge Univ. Press 1986

F. James, Monte Carlo Theory and practice, Reports on Progress in Physics, 43, 1145-1189 (1980)

G. D'Agostini, Bayesian reasoning in high-energy physics: principles and applications, CERN 99-03 19 July 1999

G. Feldman, R. Cousins Unified approach to the classical statistical analysis of small signals, Phys. Rev. D57 (1998) 3873

S. Lippman, J. Lajole C++ Primer Third Edition, Addison Wesley 1998

Per ROOT, si veda la documentazione reperibile al sito <http://root.cern.ch/drupal/>

#### *English*

G. Cowan, Statistical Data Analysis, Clarendon, Oxford, 1998

M. Loreti, Teoria degli errori e fondamenti di statistica, Decibel/Zanichelli 1998 (Italian Edition)

L. Lyons, Statistics for Nuclear and Particle Physics, Cambridge Univ. Press 1986

F. James, Monte Carlo Theory and practice, Reports on Progress in Physics, 43, 1145-1189 (1980)

G. D'Agostini, Bayesian reasoning in high-energy physics: principles and applications, CERN 99-03 19 July 1999

G. Feldman, R. Cousins Unified approach to the classical statistical analysis of small signals, Phys. Rev. D57 (1998) 3873

S.Lippman, J. Lajole C++ Primer Third Edition, Addison Wesley 1998

With regard to ROOT, see the documentation available on the website <http://root.cern.ch/drupal/>

#### **NOTA**

##### *Italiano*

Le informazioni su programma, crediti ed appelli sono disponibili cliccando alla voce avvalenza.

##### *English*

Information on programme, credits and examination calls are available clicking on the item "avvalenza".

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?\\_id=3c04](http://fisica.campusnet.unito.it/cgi-bin/corsi.pl/Show?_id=3c04)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=a325](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=a325)

---

## Telerilevamento

### *Remote Sensing*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0388
Docente:	Prof. Paolo Trivero (Titolare del corso)
Contatti docente:	0131360310, <a href="mailto:paolo.trivero@mfn.unipmn.it">paolo.trivero@mfn.unipmn.it</a>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	
Tipologia:	D=A scelta dello studente
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

Apprendimento dei principi fisici e delle tecniche operative correlate al telerilevamento, con particolare attenzione al telerilevamento satellitare della superficie terrestre e marina.

*English*

Understanding of the physical principles and operative techniques related to remote sensing with specific attention given to satellite remote sensing of Earth and Sea surface.

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

Principi fisici del Telerilevamento; energia emessa ed energia riflessa ( $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $\tau$ ); spettro elettromagnetico; riflettività; riflettività spettrale o firma spettrale; immagini multispettrali; "vero colore" e "falso colore"; tipologie di dati, analogici e digitali; relazione fra pixel e realtà al suolo; effetti atmosferici e correzioni; satelliti per l'osservazione della terra: Landsat, SPOT, NOAA, Meteosat, Quickbird, Envisat; misure radar da satellite; il Radar ad Apertura Sintetica; tecniche di Image Processing; esempi di applicazioni operative.

*English*

Physical basis of remote sensing; emitted and reflected energy ( $\rho$ ,  $\alpha$ ,  $\tau$ ); EM spectrum; reflectivity; spectral signature; "true color" and "false color" multispectral images; analog and digital data; relationship between pixels and ground truth; atmospheric effects and corrections; earth observation satellites: Landsat, SPOT, NOAA, Meteosat, Quickbird, Envisat; satellite-borne radar measurements; the Synthetic Aperture Radar; Image Processing techniques; exempla of operational applications.

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

Dispense e Materiale fornito dal docente.

*English*

Handouts and Material provide by the professor.

## NOTA

### *Italiano*

Frequenza: facoltativa. Valutazione: esame orale.

### *English*

Attendance: discretionary. Evaluation: oral examination.

Mutuato da: <http://naturali.campusnet.unito.it/do/moduli.pl/Show? id=a65f;sort=DEFAULT;search={docente}%20%3D~%20%2F^ trivero%20.v.%2Fm%20and%20{url avvalenza}%20eq%20%27%27%20and%20{gg>

Pagina web del corso: <http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show? id=45f2>

---

# Teoria dei Campi Statistica

## *Statistical Field Theory*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0576
Docente:	Prof. Michele Caselle (Titolare del corso)
Contatti docente:	011 6707205, <i>michele.caselle@unito.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno 2° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/02 - fisica teorica, modelli e metodi matematici
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Mutuato da: [http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=6520;sort=DEFAULT;search=&hits=155](http://fisica.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=6520;sort=DEFAULT;search=&hits=155)

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=5248](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=5248)

---

## Turbolenza e dispersione

### *Turbulence and dispersion*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0380B
Docente:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	1
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

## **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=d5fd](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=d5fd)

---



## Turbolenza e dispersione

### *Turbulence and dispersion*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0380A
Docente:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	5
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=59ad](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=59ad)

---



## Turbolenza e dispersione

### *Turbulence and Dispersion*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0380
Docente:	Luca Mortarini (Titolare del corso) Prof. Enrico Ferrero (Titolare del corso)
Contatti docente:	<i>l.mortarini@isac.cnr.it</i>
Corso di studio:	Laurea Magistrale Interateneo in Fisica dei sistemi complessi
Anno:	1° anno
Tipologia:	C=Affine o integrativo
Crediti/Valenza:	6
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	Tradizionale
Lingua:	Italiano
Frequenza:	Facoltativa
Tipologia esame:	Orale

#### PREREQUISITI

##### *Italiano*

Esami di base di fisica e matematica

##### *English*

Basic courses of Physics and Mathematics

#### PROPEDEUTICO A

##### *Italiano*

##### *English*

#### OBIETTIVI FORMATIVI

##### *Italiano*

Conoscenza e capacità di comprensione: Apprendimento di competenze specialistiche sulla turbolenza con particolare riferimento ai fluidi geofisici e sui processi di dispersione anche in relazione alla modellistica numerico-matematica.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione: capacità di realizzare modelli numerici della realtà fisica con particolare riferimento ai processi di dispersione e turbolenza; capacità di utilizzare autonomamente tecniche di misura e analisi dei dati avanzati.

##### *English*

Knowledge and understanding: Learning of specialized competences on turbulence with specific reference to geophysical fluids and to dispersion processes even related to numerical-mathematical modelization.

Applying knowledge and understanding: capability to realize numerical models of physical reality with specific reference to dispersion processes and turbulence; capability to use independently measurement techniques and advanced data analysis.

## **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

Conoscenze nell'ambito dei fenomeni di turbolenza e dispersione con riferimento ai fluidi geofisici

*English*

Knowledge with regard to turbulence and dispersion phenomena with reference to geophysical fluids

## **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

## **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

## **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

## **PROGRAMMA**

*Italiano*

Descrizione del moto dei fluidi atmosferici; coordinate Lagrangiane ed Euleriane; stabilità atmosferica. equazioni di conservazione, equazioni di Navier-Stokes; moto geostrofico e vento termico; teorema di Taylor-Proudman; conservazione della vorticità potenziale. Lo strato limite atmosferico; i fattori meteorologici che influenzano la dispersione; la turbolenza e la sua descrizione statistica; la teoria della dispersione di Taylor; i modelli Lagrangiani stocastici; i modelli Euleriani.

*English*

Atmospheric fluid motion; Lagrangian and Eulerian coordinates; atmospheric stability, conservation equation, Navier-Stokes equation; geostrophic flow and thermal wind; Taylor-Proudman theorem; potential vorticity

conservation. The atmospheric boundary layer; boundary layer meteorology; turbulence and its statistical description. Taylor dispersion theory; Lagrangian stochastic models; Eulerian models.

## TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA

### *Italiano*

Dispense e Materiale fornito dal docente.

### *English*

Handouts and material provided by the professor.

## NOTA

### *Italiano*

Frequenza: facoltativa. Valutazione: esame orale.

Il corso si tiene nel terzo periodo didattico

### *English*

Attendance: discretionary. Evaluation: oral examination.

The course is planned for the third educational period.

Moduli didattici:

- Turbolenza e dispersione
- Turbolenza e dispersione

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=90f2](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=90f2)

---

## Turbolenza e dispersione

### *Turbulence and dispersion*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0380B
Docenti:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	1
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

## PREREQUISITI

### *Italiano*

*English*

**PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

**OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

**RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

**MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

**MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

**ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

**TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

**NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=d5fd](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=d5fd)

---

## Turbolenza e dispersione

### *Turbulence and dispersion*

Anno accademico:	2017/2018
Codice attività didattica:	INT0380A
Docenti:	
Contatti docente:	
Anno:	
Tipologia:	A=Di base
Crediti/Valenza:	5
SSD attività didattica:	FIS/06 - fisica per il sistema terra e per il mezzo circumterrestre
Erogazione:	
Lingua:	Italiano
Frequenza:	
Tipologia esame:	

#### **PREREQUISITI**

*Italiano*

*English*

#### **PROPEDEUTICO A**

*Italiano*

*English*

#### **OBIETTIVI FORMATIVI**

*Italiano*

*English*

#### **RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITA' DI INSEGNAMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

*Italiano*

*English*

#### **ATTIVITÀ DI SUPPORTO**

*Italiano*

*English*

#### **TESTI CONSIGLIATI E BIBLIOGRAFIA**

*Italiano*

*English*

#### **NOTA**

*Italiano*

*English*

Pagina web del corso: [http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?\\_id=59ad](http://fisica-sc.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Show?_id=59ad)

---



