



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Fisica e Chimica - Emilio Segrè
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2022/2023
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024
CORSO DILAUREA	SCIENZE FISICHE
INSEGNAMENTO	INTRODUZIONE ALLA COMPLESSITÀ
CODICE INSEGNAMENTO	22407
MODULI	Si
NUMERO DI MODULI	2
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	FIS/07
DOCENTE RESPONSABILE	MICCICHE' SALVATORE Professore Ordinario Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	MICCICHE' SALVATORE Professore Ordinario Univ. di PALERMO
CFU	6
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	Annuale
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	MICCICHE' SALVATORE Martedì 15:00 17:00 Dipartimento di Fisica e Chimica, Viale delle Scienze, Ed. 18, Studio del docente. Gli studenti sono pregati di iscriversi tramite portale UNIPA. \ Department of Physics and Chemistry, Viale delle Scienze, Ed. 18, Lecturer's office. Students are requested to register through the UNIPA portal.

DOCENTE: Prof. SALVATORE MICCICHE'

PREREQUISITI	Elementi di programmazione. Metodi numerici per la risoluzione di equazioni algebriche lineari, metodi di integrazione numerica di funzioni, numeri random.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacita' di comprensione: acquisizione di conoscenze approfondite di tecniche computazionali stocastiche e di modeling teorico per l'indagine di sistemi complessi. Capacita' di applicare conoscenza e comprensione: applicazione del metodo computazionale ad un ampio spettro di problemi di fisica e di sistemi sociali e socio economici. Sviluppo della propensione al "problem solving" attraverso una continua esposizione a quesiti, discussioni, problemi. Capacita' di riflessione critica sui metodi proposti in aula per lo studio di casi di ricerca e di applicazione. Autonomia di giudizio: sviluppo della capacita' di autonomia attraverso l'abitudine ad applicare i concetti e le tecniche studiate a problemi di ricerca in fisica e nelle scienze sociali. Abilita' comunicative: sviluppo della capacita' di comunicare in forma orale e scritta informazioni, idee, problemi e soluzioni. Capacita' di esporre i risultati degli argomenti trattati a lezione anche ad un pubblico non esperto. Essere in grado di sostenere l'importanza ed evidenziare le ricadute degli studi scientifici analizzati. Capacita' d'apprendimento: capacita' di approfondire i concetti esposti durante il corso tramite studio su testi diversi. Capacita' di intraprendere, utilizzando le conoscenze acquisite nel corso, studi futuri con un sufficiente grado di autonomia.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	L'esame finale consiste in un esame orale su argomenti del corso e nella presentazione di assignment individuale. Tale prova consente di valutare, oltre alle conoscenze del candidato e alla sua capacita' di applicarle, anche le proprieta' di linguaggio scientifico e di capacita' di esposizione chiara e diretta. La valutazione finale sarà espressa in trentesimi e sarà formulata sulla base delle seguenti condizioni: a) lo studente ha una minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento, sufficiente capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite (voto 18-21 trentesimi); b) lo studente non ha piena padronanza degli argomenti studiati ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprieta' di linguaggio, sufficiente capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite (voto 21-23 trentesimi). b) lo studente ha conoscenza di base degli argomenti studiati, discreta proprieta' di linguaggio, con più che sufficiente capacita' di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti (voto 23-25 trentesimi); c) lo studente ha buona padronanza degli argomenti, buona capacita' di analisi dei casi presentati, piena proprieta' di linguaggio (voto 26-29 trentesimi); d) lo studente ha una conoscenza approfondita e diffusa degli argomenti studiati, ottima capacita' di analisi dei casi presentati, ottima proprieta' di linguaggio (voto 30-30L trentesimi).
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	L'insegnamento è semestrale, si svolge al secondo anno ed è organizzato in due moduli. L'attività didattica si sviluppa attraverso lezioni frontali in aula.

MODULO MODELLI E METODI COMPUTAZIONALI STOCASTICI PER I SISTEMI COMPLESSI

Prof. SALVATORE MICCICHE'

TESTI CONSIGLIATI

C.W. Gardiner, Handbook of Stochastic Methods Springer ISBN 978-3540707127
R. Mannella A Gentle Introduction to the Integration of Stochastic Differential Equations Lecture Notes in Physics book series (LNP, volume 557) DOI: 10.1007/3-540-45396-2_32

APPROFONDIMENTI

H. Risken. The Fokker-planck Equation. Methods Of Solution And Applications Springer ISBN: 354061530X
N.G. Van Kampen Stochastic Processes in Physics and Chemistry North-Holland ISBN: 9780444529657
A. Papoulis, U. Pillai, Probability, Random Variables and Stochastic Processes, McGraw-Hill Education, ISBN 978-0071226615
J. Beran Statistics for Long-Memory Processes Chapman & Hall/CRC ISBN 978-0412049019
R. Durbin S. R. Eddy A. Krogh G Mitchison Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids Cambridge University Press ISBN: 978-0521629713
G. Livan, M. Novaes, P. Vivo Introduction to Random Matrices SpringerBriefs in Mathematical Physics ISBN: 978-3-319-70885-0

TIPO DI ATTIVITA'	D
AMBITO	10542-A scelta dello studente
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	51
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	24

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Lo scopo del corso e' quello di introdurre lo studente allo studio ed implementazione di tecniche avanzate di risoluzione numerica per lo studio di sistemi fisici modello.
Verranno forniti gli strumenti per comprendere e applicare diversi formalismi relativi ai processi stocastici in tempo continuo ed in tempo discreto, all'Equazione di Fokker-Planck ed alla Random Matrix Theory. Lo studente dovrà essere in grado di alternare l'uso di metodologie analitiche e numeriche, a seconda del particolare problema studiato. Per alcuni argomenti è prevista un'implementazione guidata in Python per fornire allo studente gli strumenti necessari ad esplorare i diversi modelli anche da un punto di vista pratico.

Obiettivi formativi specifici sono:

- l'acquisizione di conoscenze di tecniche numeriche per la risoluzione di equazioni differenziali stocastiche, per l'analisi di bootstrap, per l'analisi degli autovalori di una matrice random;
- l'applicazione di metodi di interesse in fisica computazionale, col fine di mostrare come le metodologie numeriche possano fornire strumenti fondamentali nella comprensione dei fenomeni fisici.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Cenni di probabilità e introduzione alle variabili aleatorie e ai processi stocastici
2	Equazioni differenziali stocastiche e loro applicazioni in Fisica
1	Schemi di integrazione numerica dell'equazione di Langevin: Runge-Kutta e Predictor corrector
1	Schemi di integrazione numerica dell'equazione di Langevin: Taylor expansion
1	Stabilità degli schemi di integrazione
3	Simulazioni numeriche di processi stocastici: medie di ensemble e medie temporali.
1	Teorema ergodico.
1	Rottura di ergodicità
2	Catene di Markov
2	Hidden Markov Models
2	Procedura di bootstrap per la stima della significatività statistica delle variabili ottenute tramite simulazioni numeriche
2	Teoria delle matrici random
2	Teoria delle matrici random: applicazioni a sistemi fisici
2	Teoria delle matrici random: applicazioni a sistemi sociali

MODULO
MODELLI E METODI COMPUTAZIONALI PER LA COMPLESSITÀ

Prof. SALVATORE MICCICHE'

TESTI CONSIGLIATI

Alligood, Yorke, Sauer. Springer "Chaos: An Introduction to Dynamical Systems". ISBN 0387946772
Latora, Nicosia, Russo. Cambridge University Press. "Complex Networks: Principles, Methods and Applications", ISBN 9781107103184
Articoli recenti dalla letteratura scientifica

TIPO DI ATTIVITA'	D
AMBITO	10542-A scelta dello studente
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	51
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	24

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Lo studente svilupperà le competenze necessarie per inquadrare teoricamente le principali caratteristiche di un sistema complesso. Verranno forniti gli strumenti per comprendere e applicare diversi formalismi (Sistemi dinamici del caos, Agent Based Models, reti complesse). Per alcuni argomenti è prevista un'implementazione guidata in Python per fornire allo studente gli strumenti necessari ad esplorare i diversi modelli anche da un punto di vista pratico.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Introduzione al concetto di complessità. Definizioni e caratteristiche principali. Fenomeni collettivi, emersione. Herding.
2	Dinamica e caos. Mappa logistica. Attrattori di Lorenz
2	Implementazione attrattori di Lorenz
2	Frattali. Storia, definizioni, proprietà.
2	Entropia, ordine e rumore. Cenni di teoria dell'informazione
2	Scaling, power-laws, sistemi scale-free. Legge di Zipf
2	Introduzione alla simulazione di sistemi complessi. Approccio analitico vs computazionale. Agent Based Models
2	Esempi di ABM. Segregazione (Schelling), modelli di dinamica dell'opinione (voter model, Axelrod)
1	Modellare le interazioni in un sistema complesso. Introduzione alle reti complesse.
1	Struttura delle reti. Topologia, misure di centralità, distribuzioni di grado
2	Processi dinamici su reti: random walk, sincronizzazione, epidemiologia
1	Implementazione di un processo dinamico su rete: il modello SIS
2	La complessità in sistemi reali (fisici, sociali, economici).
1	Introduzione alla validazione statistica su reti complesse. Filtro di Serrano, Statistically Validated Networks