UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Fisica e Chimica - Emilio Segrè
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2019/2020
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2020/2021
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	FISICA
INSEGNAMENTO	FISICA DEI SISTEMI COMPLESSI
TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20901-Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	13586
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	FIS/02
DOCENTE RESPONSABILE	SPAGNOLO BERNARDO Professore a contratto in quiescenza Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	94
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	56
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	**SPAGNOLO BERNARDO** Mercoledì 13:00 15:00 Dipartimento di Fisica e Chimica, Via Archirafi n. 36, stanza A56 Venerdì 12:00 14:00 Dipartimento di Fisica e Chimica, Viale delle Scienze, edificio 18, stanza 104

DOCENTE: Prof. BERNARDO SPAGNOLO

PREREQUISITI	I prerequisiti per seguire con profitto l'insegnamento di Fisica dei Sistemi Complessi e raggiungere gli obiettivi prefissati sono le conoscenze di analisi matematica (I e II), fisica generale (I e II), fisica statistica, struttura della materia e metodi matematici e numerici per la fisica a livello della laurea triennale in fisica.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Risultati di Apprendimento Attesi Conoscenza e capacita' di comprensione 1 - Lo studente al termine del corso avra' conoscenza dei concetti e delle tecniche fondamentali della fisica dei sistemi complessi e modelli archetipi, dei fenomeni collettivi e cooperativi associati, transizioni di fase e fenomeni critici, fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, acquisendo i metodi analitici necessari, quali le teorie di campo medio e il calcolo stocastico. 2 - Lo studente avra' conoscenza delle principali caratteristiche associate alla complessita, quali la presenza di numerosi elementi interagenti, la non linearita' delle interazioni, la presenza di “rumore” dovuto all’interazione sempre presente tra sistema ed ambiente, la comparsa a livello globale di proprieta' emergenti prive di un analogo microscopico, e non ultima la capacita' di auto-organizzazione. 3 - Lo studente acquisira' le competenze atte all’approfondimento dei metodi matematici e numerici finalizzati all’investigazione, alla trattazione teorica e alla costruzione di modelli e fenomeni sia in contesto fisico che interdisciplinare. Lo studente acquisira' le competenze della fisica statistica dei sistemi fuori dall'equilibrio atte a descrivere i sistemi complessi sia classici che quantistici. Capacita' di applicare conoscenza e comprensione 1 - Lo studente sara' in grado di utilizzare i concetti e le tecniche teoriche utilizzate per lo studio della fisica dei sistemi complessi e modelli archetipi, fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, avendo acquisito la capacita' di manipolarli per applicarli a situazioni fisiche concrete. In particolare lo studente sara' in grado di individuare fenomeni collettivi emergenti quali la sincronizzazione, le transizioni di fase, l’instabilita' di non equilibrio, la formazione di “patterns” spazio-temporali, la dinamica e l'evoluzione dei sistemi complessi sia in ambito fisico che interdisciplinare. 2 - Lo studente sara' in grado di utilizzare le competenze teoriche e i metodi matematici e numerici per la costruzione di modelli di fenomeni sia in contesto fisico che interdisciplinare. 3 - Inoltre lo studente sara' in grado di applicare tali conoscenze alla descrizione dei problemi complessi, che richiedono un approccio interdisciplinare. Autonomia di giudizio • Lo studente sara' in grado di interpretare semplici fenomenologie di sistemi complessi e della fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, e sara' in grado di raccogliere i dati necessari, interpretandoli alla luce delle tecniche teoriche della fisica dei sistemi complessi. Abilita' comunicative • Lo studente acquisira' la capacita' di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l’oggetto del corso. Sara' in grado di intervenire in conversazioni su tematiche della fisica dei sistemi complessi e della fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, di evidenziare le problematiche relative alla descrizione dei tipici fenomeni cooperativi: sincronizzazione, transizioni di fase, instabilita' di non equilibrio, formazione di “patterns” spazio-temporali, effetti indotti dal rumore ambientale sulla dinamica dei sistemi complessi. Capacita' d’apprendimento 1 - Lo studente avra' appreso i concetti, le tecniche teoriche e i fenomeni collettivi della fisica dei sistemi complessi e della fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, strumenti necessari per la comprensione e la descrizione dei sistemi complessi stessi e per lo sviluppo delle tecnologie fisiche emergenti, che richiedono spesso un approccio interdisciplinare. 2 - Lo studente avra' acquisito le competenze atte all’approfondimento dei metodi matematici e numerici finalizzati all’investigazione, alla trattazione teorica e alla costruzione di modelli e fenomeni sia in contesto fisico che interdisciplinare. 3 - Lo studente avra' acquisito le competenze della fisica statistica fuori dall'equilibrio atte a descrivere i sistemi complessi sia classici che quantistici
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	La valutazione dell'apprendimento avverra' attraverso una prova orale sugli argomenti trattati nel corso e la presentazione e discussione di una tesina e di un articolo scientifico su argomenti attinenti al corso. In particolare l’esame comprende: a) una parte generale riguardante le fenomenologie tipiche dei

	sistemi complessi e le tecniche teoriche atte a descriverli, sia nell'ambito delle scienze fisiche che in campi affini con applicazioni interdisciplinari; b) una presentazione e discussione di un articolo scientifico inerente la fisica dei sistemi complessi; c) una tesina preparata autonomamente su argomenti del corso. La prova orale consentira' di valutare le conoscenze acquisite dal candidato e relative alla fisica dei sistemi complessi, la sua capacita' di applicarle a situazioni fisiche concrete e di comunicarle, esprimendo con proprieta' di linguaggio e in modo chiaro le problematiche inerenti l'oggetto del corso. La valutazione finale, opportunamente graduata, sara' formulata sulla base delle seguenti condizioni: a) Conoscenza di base dei concetti e delle tecniche fondamentali della fisica dei sistemi complessi e modelli archetipi, transizioni di fase e fenomeni critici, fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, e capacita' limitata di applicarli a situazioni fisiche concrete, sufficiente capacita' di analisi dei fenomeni collettivi emergenti e di esposizione delle problematiche inerenti la fisica dei sistemi complessi (voto 18-23). b) Conoscenza buona e in parte approfondita dei concetti e delle tecniche fondamentali della fisica dei sistemi complessi e modelli archetipi, transizioni di fase e fenomeni critici, fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, e buona capacita' di applicarli a situazioni fisiche concrete, discreta capacita' di analisi dei fenomeni collettivi emergenti e di esposizione delle problematiche inerenti la fisica dei sistemi complessi (voto 24-28). c) Conoscenza approfondita e diffusa dei concetti e delle tecniche fondamentali della fisica dei sistemi complessi e modelli archetipi, transizioni di fase e fenomeni critici, fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, e capacita' di applicarli prontamente e correttamente a situazioni fisiche concrete, ottima capacita' di analisi dei fenomeni collettivi emergenti e di esposizione delle problematiche inerenti la fisica dei sistemi complessi (voto 29-30L).
OBIETTIVI FORMATIVI	Obiettivi Formativi 1 - Acquisire la conoscenza dei concetti e delle tecniche fondamentali della fisica dei sistemi complessi e modelli archetipi e dei fenomeni collettivi e cooperativi associati, transizioni di fase e fenomeni critici, fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, acquisendo i metodi analitici necessari. Acquisire le competenze della fisica statistica utili alla descrizione e alla costruzione di modelli di sistemi complessi. 2 - Acquisire la capacita' di utilizzare i concetti e le tecniche teoriche della fisica statistica fuori dall'equilibrio per applicarli alla descrizione della dinamica dei sistemi complessi nell'ambito delle scienze fisiche di base e applicate, che richiedono un approccio interdisciplinare. 3 - Acquisire le competenze atte all'approfondimento dei metodi matematici e numerici finalizzati alla investigazione, alla trattazione teorica e alla costruzione di modelli di fenomeni sia in contesto fisico che interdisciplinare.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula, Seminari partecipativi e dibattiti guidati. L'attivita' didattica si sviluppa attraverso: (i) analisi e discussioni di fenomenologie tipiche dei sistemi complessi e modelli archetipi, transizioni di fase e fenomeni critici, fisica statistica di sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio; (ii) lezioni ed esercitazioni partecipative sulla interpretazione di tali fenomenologie alla luce delle tecniche teoriche della fisica dei sistemi complessi e della dinamica dei sistemi classici e quantistici dissipativi fuori dall'equilibrio, delle teorie di campo medio, con risoluzione di problemi tipici e di interesse per le scienze di base ed applicate; (iii) seminari e dibattici guidati di fisica dei sistemi complessi utili per la preparazione di una tesina svolta autonomamente su argomenti del corso.
TESTI CONSIGLIATI	1 - Elements of Phase Transitions and Critical Phenomena, H. Nishimori, G. Ortiz, Oxford University Press, 2015. 2 - Handbook of Stochastic Methods for Physics, Chemistry and the Natural Sciences, C. W. Gardiner, Springer-Verlag, 2004. 3 - Lecture Notes on Noise in Complex Systems by prof. B. Spagnolo, comprising chapters 10 and 11 of the book "Nonequilibrium Statistical Physics" (see widening texts). Widening Texts 4 - Nonequilibrium Statistical Physics, N. Pottier, Oxford University Press, 2014 5 - Statistical Physics, L. D, Landau, E. M. Lifsits, Ed. Riuniti (Chapter XIV - Second Order Phase Transitions)

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Dinamica delle Transizioni di Fase e dei Sistemi Lontani dall'Equilibrio. Introduzione e modelli archetipi.
4	Fenomeni Critici. Teorie di Campo medio. Teoria di Landau. Fenomeni critici dinamici. Teorema fluttuazione-dissipazione.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	Trasformazione di scala e Gruppo di Rinormalizzazione. Transizione di Kosterlitz-Thouless.
4	Introduzione ai Processi Stocastici. Concetti di Probabilita'. Processi di Markov. Equazione di Chapman-Kolmogorov.
4	Integrazione stocastica. Integrali di Ito e Stratonovich. Calcolo di Ito ed equazioni differenziali stocastiche. Equazioni di Langevin e di Fokker-Planck. Equazione generalizzata di Langevin.
4	Effetti indotti dal Rumore su Sistemi Complessi: Risonanza Stocastica, Attivazione Risonante Stocastica, Aumento di Stabilita' Indotto dal Rumore. Rumore Moltiplicativo e Fenomeni di Rilassamento Non Lineare.
3	Diffusione Anomala, Rumore di Levy.
3	Sistemi Dissipativi Quantistici. Introduzione ai Sistemi Quantistici Aperti. Il modello "Spin-Boson".
3	Equazione Quantistica di Langevin. Modello di Caldeira-Leggett. Dinamica nonlineare di sistemi bistabili asimmetrici quantistici. Elementi di transizioni di fase quantistiche.

ORE	Esercitazioni
3	Processo di Ornstein-Uhlenbeck. Esempi di Processi Markoviani. Risoluzione numerica delle equazioni differenziali stocastiche.
3	Effetti del rumore sulla Dinamica Transiente in giunzioni Josephson.
3	Effetti indotti dal Rumore sui Sistemi Complessi. Modelli Stocastici per: a) Sistemi Neuronali, b) Dinamica di Popolazioni e Sistemi Biologici, c) Dinamica di Mercati Finanziari.
3	Elementi di Fisica Statistica Quantistica
4	Modello archetipo per la dinamica di transizioni di fase: oscillatore anarmonico sovrasmorzato. Sistema Bistabilie e tempi caratteristici.
4	Calcolo degli esponenti critici in sistemi unidmensionali con teorie di campo medio.
4	Applicazioni della approssimazione di campo medio, della teoria di Landau e della approssimazione di Bethe in modelli di Ising e nel modello a range infinito. Il modello Gaussiano per la teoria di campo medio dei fenomeni critici dinamici.