



Principali informazioni sull'insegnamento	
Denominazione dell'insegnamento	COMPLEMENTI DI DINAMICA CLASSICA E RELATIVISTICA – MODULO DI FISICA NON-LINEARE
Corso di studio	FISICA
Anno di corso	2
Crediti formativi universitari (CFU)	3
SSD	FIS/02
Lingua di erogazione	Italiano
Periodo di erogazione	Marzo- Giugno 2023
Obbligo di frequenza	No

Docente	
Nome e cognome	Giuseppe Gonnella
Indirizzo mail	gonnella@ba.infn.it
Telefono	080 5442435
Sede	Dipartimento di Fisica
Sede virtuale (Codice Microsoft Teams)	
Ricevimento (giorni, orari e modalità)	Lunedì e mercoledì ore 11-13

Syllabus	
Obiettivi formativi	<ul style="list-style-type: none">- Introduzione all'uso di equazioni non-lineari nello studio dei sistemi fisici, biologici e nelle scienze sociali.- Introduzione alle metodologie analitiche e numeriche per lo studio di sistemi descritti da mappe ed equazioni differenziali non lineari.- Descrizione delle caratteristiche più importanti che appaiono nel comportamento dinamico dei sistemi non lineari.
Prerequisiti	Dinamica newtoniana, nozioni di base di elettromagnetismo, meccanica analitica e analisi matematica.
Contenuti di insegnamento (Programma)	<p>1. Introduzione alla Fenomenologia dei sistemi non-lineari.</p> <ul style="list-style-type: none">a. Caratteristiche generali della dinamica di sistemi descritti da equazioni non-lineari. Esempi di sistemi non-lineari nella fisica classica. Il pendolo non-lineare. Esempi di modelli evolutivi per le scienze biologiche e sociali. Il modello di Lotka-Volterra. L'equazione di Malthus e l'equazione logistica. L'equazione di Fisher-Kolmogorov. Equazioni non lineari nella teoria dei campi e per la propagazione ondosia.b. Semplicità e complessità nella dinamica delle mappe unidimensionali. Comportamento caotico della mappa "a tenda". La mappa logistica e la cascata di biforcazioni. Aspetti generali del comportamento caotico.c. Oscillatori non-lineari. Teoria delle perturbazioni



per l'oscillatore non smorzato con termini di energia non armonici.

2. Elementi introduttivi della teoria dei sistemi dinamici.

- a. Generalità sui sistemi dinamici con numero finito di gradi di libertà. Caratteristiche generali dei ritratti di fase. Nozioni di punto fisso, varietà invariante, attrattore. Attrattori strani e dimensione frattale. L'equazione di Frobenius-Perron. Sistemi conservativi e dissipativi. Generalizzazione del teorema di Liouville. Cenni alla teoria ergodica. Moti caotici ed esponenti di Liapunov.
- b. Cenni di teoria della stabilità. Criteri di stabilità per sistemi con numero finito di gradi di libertà. Classificazione dei ritratti di fase dei sistemi unidimensionali e bidimensionali. Esempi di applicazione della teoria della stabilità. Comportamento non lineare intorno ai punti fissi. Cicli limite, esempi e teoremi di esistenza. Altri tipi di biforcazione: a "diapason", del punto limite, di Hopf.
- c. Applicazioni. Esempi di studio del ritratto di fase di sistemi dinamici differenziabili.

3. Sistemi dissipativi spazialmente estesi: le equazioni della fluidodinamica. L'instabilità di Rayleigh-Bènard.

- a. Descrizione continua dei sistemi fluidi. Variabili conservate ed equazioni di bilancio. Equazioni di continuità e di Eulero. I tensori della quantità di moto e degli sforzi. Equazioni di Navier-Stokes. Equazione di bilancio per l'energia e equazione generale del calore (cenni).
- b. Descrizione qualitativa della convezione termica e dell'instabilità di Rayleigh-Bènard. L'approssimazione di Boussinesq. Linearizzazione delle equazioni di Boussinesq. Analisi di stabilità lineare per il problema di Bènard. Valutazione del punto critico nel caso di condizioni al contorno libere. Turbolenza e caos.

Testi di riferimento	-G. Nicolis, <i>Introduction to Non Linear Science</i> , Cambridge Univ Press. - L. Lifschitz, L. Landau, <i>Fluidodinamica</i> , volume 10 del corso di fisica teorica, Editori Riuniti. - Materiale didattico/scientifico presente sul sito web del docente,
Note ai testi di riferimento	<i>Note del docente disponibili su tutto il programma</i>

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
75	31		44
CFU/ETCS			
3			

Metodi didattici	
Lezioni ed esercitazioni in aula	

Risultati di apprendimento previsti	
Conoscenza e capacità di comprensione	Conoscenza dei caratteri generali della fenomenologia dei sistemi fisici descritti da equazioni non-lineari e dei metodi che ne consentono lo studio analitico.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate	Capacità di determinare analiticamente e numericamente il ritratto di fase e le caratteristiche generali delle soluzioni di una vasta classe di sistemi dinamici non-lineari.
Competenze trasversali	<ul style="list-style-type: none"> • Autonomia di giudizio Sviluppo di un corretto senso critico nei confronti delle ipotesi di base dei modelli teorici e della scelta delle metodologie più opportune da applicare per affrontarne lo studio analitico. <ul style="list-style-type: none"> • Abilità comunicative <ul style="list-style-type: none"> - Capacità di presentare e discutere un problema fisico in modo logico, completo e formalmente corretto. - Sviluppo della capacità di lavorare in gruppi di 2-3 unità, ai quali è proposta la soluzione di problemi legati ad argomenti discussi nel corso. • Capacità di apprendere in modo autonomo Abilità nella consultazione di materiale bibliografico, di banche dati e di materiale presente in rete.

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Prova orale con svolgimento di brevi esercizi e calcoli alla lavagna.
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> • Conoscenza e capacità di comprensione Capacità di discutere modelli, concetti e principi matematici introdotti nel corso. • Conoscenza e capacità di comprensione applicate Comprensione adeguata, conoscenza globale e dettagliata degli argomenti di fisica e degli sviluppi matematici proposti nel corso.



	<ul style="list-style-type: none">• Autonomia di giudizio Abilità di interpretare criticamente la rilevanza di risultati specifici nel contesto più generale della fisica dei sistemi dinamici• Abilità comunicative Capacità di discutere in modo chiaro gli argomenti discussi nel corso e la loro rilevanza in un contesto più generale
Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Colloquio orale che tiene conto dei criteri precedenti
Altro	