

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Analytical Dynamics and Statistical Mechanics

(Analytical Dynamics and Statistical Mechanics)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

Docenti:



email:

SSD

CFU

Anno di corso (I, II o III)

Semestre (I o II)

Insegnamenti propedeutici previsti: non sono previste propedeuticità. E' fortemente consigliato l'aver seguito l'insegnamento "Advanced Mathematical Methods"

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

NB I risultati di apprendimento attesi sono quanto lo Studente dovrà conoscere, saper utilizzare ed essere in grado di dimostrare al termine del percorso formativo relativo all'insegnamento in oggetto. Essi devono essere pertanto descritti "per punti" elencando le principali conoscenze e capacità che lo Studente avrà acquisito al termine del corso. Nella descrizione delle conoscenze e delle capacità occorre prestare attenzione ai seguenti aspetti:

- verificare che i risultati di apprendimento attesi siano coerenti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio riportati in allegato a
- verificare che vi sia adeguata corrispondenza tra le conoscenze e le capacità e gli argomenti descritti nella sezione relativa al Programma;
- verificare che i risultati di apprendimento inseriti nella scheda siano corrispondenti con quanto riportato nella Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2. In tale sezione viene delineato un primo quadro dei risultati di apprendimento attesi, suddivisi per gruppi di insegnamenti (attività formative di base, attività formative caratterizzanti, attività formative affini e integrative). Si veda allegato b
- verificare, soprattutto nel caso di insegnamenti legati da vincoli di propedeuticità, che i risultati di apprendimento attesi in relazione all'insegnamento "che precede" costituiscano i necessari requisiti preliminari per i risultati di apprendimento relativi all'insegnamento "che segue"

Conoscenza e capacità di comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

Il corso, inquadrato nell'ambito della fisica matematica, si prefigge di fornire competenze relative alla meccanica lagrangiana e hamiltoniana, ai sistemi dinamici, ai sistemi a molti corpi descritti con metodi probabilistici, alle transizioni di fase e ai fenomeni critici. In particolare, verranno forniti i metodi necessari per determinare le proprietà di questi sistemi (equazioni del moto, valori di aspettazione di osservabili) per poi utilizzarle nelle altre discipline caratterizzanti dell'Ingegneria Meccanica.

Knowledge and ability to understand

The course, framed in the field of mathematical physics, aims to provide skills related to Lagrangian and Hamiltonian mechanics, dynamical systems, many-body systems described with probabilistic methods, phase transitions and critical phenomena. In particular, the course will be provide the methods to derive the properties of these systems (equations of motion, expectation values of observables) and use them in the other disciplines of Mechanical Engineering.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

Si prevede che, grazie alle competenze fornite e sviluppate nel corso, lo studente sia in grado di:

- utilizzare la formulazione lagrangiana e hamiltoniana della meccanica per ricavare le equazioni del moto e le quantità conservate di un sistema
- ricavare il modello microscopico approssimato di un sistema, ricavare il valore medio di osservabili macroscopiche e le equazioni di stato, descrivere la presenza di transizioni di fase

Ability to apply knowledge and understanding

It is expected that, thanks to the skills provided and developed in the course, the student will be able to:

- use the Lagrangian and Hamiltonian formulation of mechanics to derive the equations of motion and the conserved quantities of a system
- derive the approximate microscopic model of a system, derive the average value of macroscopic observables and the equations of state, describe the presence of phase transitions

Eventuali ulteriori risultati di apprendimento attesi, relativamente a:

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Analytical Dynamics and Statistical Mechanics

(Analytical Dynamics and Statistical Mechanics)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

Autonomia di giudizio:

Uno degli obiettivi del corso è consentire allo studente di sviluppare la capacità di sviluppare un modello fisico-matematico che descriva un sistema meccanico (a variabili discrete o continue) in modo da analizzarne le caratteristiche salienti.

Abilità comunicative:

Mediante la prova orale dell'insegnamento, lo studente può misurare la sua capacità di presentare e discutere le caratteristiche del modello matematico di un sistema, distinguere con chiarezza le ipotesi di partenza e i dettagli del comportamento.

Capacità di apprendimento:

Durante il corso viene posta enfasi sulla necessità che lo studente sviluppi le sue competenze, sia in grado di ricavare un modello matematico con chiare ipotesi di partenza e sia capace di determinare in modo rigoroso le proprietà del sistema analizzato. Il lavoro personale viene stimolato anche mediante l'assegnazione di esercizi supplementari che possono essere discussi in classe e durante il ricevimento studenti.

Autonomy of judgment:

One of the objectives of the course is to enable the student to improve the ability to develop a mathematical model that describes a mechanical system (with discrete or continuous variables) in order to analyze its main features.

Communication skills:

Through the oral exam, the student can measure his ability to present and discuss the features of the mathematical model of a system, distinguish the hypotheses and the details of the behavior.

Learning skills:

During the course, the student is asked to develop the knowledge, be able to derive a mathematical model with proper hypotheses and be able to rigorously determine the properties of the system analyzed. Personal work is also stimulated through the assignment of additional exercises that can be discussed in the class or scheduled between the student and the instructor.

PROGRAMMA (in italiano, min 10, max 15 righe, Times New Roman 10, raggruppando i contenuti al massimo in 10 argomenti)

Metodi didattici: Lezioni ed esercitazioni numeriche in aula.

1) Meccanica Lagrangiana (2 CFU): Richiami di calcolo delle variazioni. Funzionali. Variazione del funzionale ed equazioni di Eulero-Lagrange. Gradi di libertà. Equazioni di Lagrange. Equazioni di Lagrange in presenza di forze conservative; funzione Lagrangiana. Principio di Hamilton. Simmetrie della Lagrangiana. Teorema di Noether. Funzione di dissipazione. Linearizzazione delle equazioni di Lagrange in prossimità dei punti di equilibrio. Modi normali: oscillazioni, modi lineari e iperbolici.

Corpi rigidi. Rotazione attorno ad un asse fisso. Precessione dovuta ad un momento torcente. Equazioni di Eulero in presenza e assenza di momento. Rotazioni permanenti. Stabilità della rotazione attorno ad un asse principale d'inerzia. Giroscopio e sua precessione.

Cenni di statica e dinamica dei corpi continui deformabili. Passaggio dal discreto al continuo. Applicazioni: vibrazioni ed equazione delle onde.

2) Meccanica Hamiltoniana (1 CFU): Momenti coniugati. Trasformata di Legendre. Funzione Hamiltoniana. Spazio delle fasi. Equazioni di Hamilton. Coordinate cicliche. Conservazione dell'energia. Orbite nello spazio delle fasi. Teorema di Liouville.

3) Meccanica Statistica (1.5 CFU): Termodinamica e potenziali termodinamici; energia libera; entropia; equazioni di stato; osservabili, distribuzioni di probabilità, ensemble, funzione di partizione.

4) Transizioni di fase e fenomeni critici (1.5 CFU): classificazione delle transizioni di fase e punti critici; funzioni di correlazione; rottura di simmetria e parametri d'ordine; teoria di Landau e campo medio; modelli di Ising, Heisenberg e Curie-Weiss; effetti del disordine. Applicazioni alla meccanica dei polimeri e dei cristalli liquidi.

CONTENTS (in English, min 10, max 15 lines, Times New Roman 10,)

1) Lagrangian Mechanics (2 ECTS): Calculus of variations. Functionals. Variation of the functional and Euler-Lagrange equations. Degrees of freedom. Lagrange equations. Lagrange equations for conservative forces; Lagrangian function. Hamilton's principle. Symmetries of the Lagrangian function. Noether's theorem. Dissipation function.

Linearization of the Lagrange equations near an equilibrium point. Normal modes: oscillations, linear and hyperbolic modes.

SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Analytical Dynamics and Statistical Mechanics

(Analytical Dynamics and Statistical Mechanics)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

Rigid bodies. Rotation about a fixed axis. Precession due to a torque. Euler equations. Permanent rotations. Stability of rotation about a principal axis of inertia. Gyroscope and its precession.
Introduction to statics and dynamics of deformable continuous bodies. Transition from discrete to continuous systems. Applications: vibrations and wave equation.

2) Hamiltonian Mechanics (1 ECTS): Conjugate momentum. Legendre transform. Hamiltonian function. Phase space. Hamilton's equations. Cyclic coordinates. Energy conservation. Orbits in phase space. Liouville's theorem.

3) Statistical Mechanics (1.5 ECTS): Thermodynamics and thermodynamic potentials; free energy; entropy; equations of state; observables, probability distributions, ensembles, partition function.

4) Phase transitions and critical phenomena (1.5 ECTS): Classification of phase transitions and critical points; correlation functions; symmetry breaking and order parameters; Landau's theory and mean field; Ising, Heisenberg and Curie-Weiss models; effects of disorder. Applications to the mechanics of polymers and liquid crystals.

PREREQUISITI

Calcolo vettoriale e matriciale; calcolo differenziale ed integrale; equazioni differenziali ordinarie; meccanica dei sistemi vincolati, termodinamica.

Vector and matrix calculus; differential and integral calculus; ordinary differential equations; mechanics of constrained systems; thermodynamics.

MATERIALE DIDATTICO (max 4 righe, Times New Roman 10)

- 1) J.R. Taylor, "Classical Mechanics", University Science Books (2005)
- 2) A. Fasano and S. Marmi, "Analytical Mechanics", Oxford University Press (2006)
- 3) K. Huang: Statistical Mechanics, John Wiley & Sons (2008)
- 4) J. P. Sethna: Statistical Mechanics: Entropy, Order Parameters, and Complexity, Oxford University Press (2006)

MODALITA' DI ESAME

L'esame si articola in prova	Scritta e orale		Solo scritta		Solo orale	X
Discussione di elaborato progettuale						
Altro, specificare						
In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla		A risposta libera		Esercizi numerici	

(*) E' possibile rispondere a più opzioni

MODALITA' DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO E REQUISITI MINIMI DI APPRENDIMENTO

L'esame prevede una prova orale che intende verificare le conoscenze dello studente e la comprensione degli argomenti trattati. I requisiti minimi di apprendimento comprendono la capacità di ricavare equazioni del moto di un sistema, analizzarne la dinamica, determinare un modello microscopico approssimato e comprenderne le proprietà macroscopiche.

The exam includes an oral examination to verify the student's knowledge and understanding of the topics covered. The minimum learning requirements include the ability to derive equations of motion of a system, analyze its dynamics, determine an approximate microscopic model and understand its macroscopic properties.

ALLEGATI

- a) obiettivi formativi specifici del Corso di Studio (Quadr A4.a della Scheda Unica del Corso di Studio)
- b) risultati di apprendimento attesi per il raggruppamento di insegnamenti di cui fa parte l'insegnamento in oggetto (Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2)