UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Meccanica Classica

2627-2-E3005Q013

Obiettivi

Il contenuto del corso presenta sia le idee fondamentali della Meccanica Classica, dalla formulazione di Galileo e Newton a quella di Lagrange, Hamilton e Jacobi, che le tecniche matematiche necessarie alla loro comprensione.

Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito le seguenti competenze:

1. Conoscenza e capacità di comprensione
   Lo studente avrà acquisito una comprensione di base ma solida dei formalismi lagrangiano e hamiltoniano della meccanica classica. Sarà in grado di riconoscere il significato concettuale di simmetrie, vincoli e leggi di conservazione, e di comprendere il ruolo di questi strumenti nella formulazione teorica della fisica.

2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate
   Lo studente sarà in grado di applicare i metodi appresi per analizzare e risolvere problemi meccanici, sia nel caso di sistemi semplici che in presenza di vincoli. Sarà inoltre capace di riformulare un problema fisico nei termini della Meccanica Analitica, utilizzando gli strumenti matematici adeguati.

3. Autonomia di giudizio
   Lo studente sarà in grado di valutare criticamente le scelte metodologiche nella risoluzione di un problema fisico e di identificare i formalismi più adeguati per modellarlo, distinguendo tra le diverse ipotesi semplificative.

4. Abilità comunicative
   Lo studente saprà esporre con chiarezza e rigore i principali concetti della Meccanica Analitica, utilizzando correttamente il linguaggio della fisica e della matematica. Sarà in grado di presentare in modo strutturato la risoluzione di un esercizio, motivando i passaggi seguiti.

5. Capacità di apprendimento
   Il corso fornirà allo studente le basi concettuali e metodologiche per affrontare con successo corsi più avanzati in fisica teorica e matematica applicata, nonché per approfondire in autonomia argomenti più

complessi nell’ambito della meccanica classica.

Contenuti sintetici

Richiami di meccanica newtoniana.

Equazioni differenziali (sistemi dinamici) e loro studio qualitativo.

Meccanica Lagrangiana.

Meccanica Hamiltoniana.

Programma esteso

1) Spazio tempo ed eventi. I principi di Newton e la meccanica dei corpi puntiformi.

2) I sistemi dinamici come modellizzazione dei fenomeni fisici. Diagrammi di fase dei sistemi newtoniani conservativi in una dimensione. Il sistema di Lotka-Volterra e le tre leggi di Volterra. Diagrammi di biforcazione. Linearizzazione, stabilità e i teoremi di Lyapunov (enunciato).

3) Meccanica di sistemi di corpi puntiformi: equazioni cardinali.

4) Vincoli, loro classificazione e coordinate libere. Il principio di D’Alembert e la meccanica di Lagrange.

5) La Lagrangiana e le equazioni di Eulero-Lagrange. Il metodo variazionale. I moti centrali ed il problema di Keplero in meccanica Lagrangiana. Formulazione lagrangiana della forza di Lorentz. Teoria delle piccole oscillazioni. Applicazioni. Il teorema di Noether. Nozioni fondamentali della teoria del corpo rigido. Applicazioni. La trottola di Lagrange.

6) La Meccanica Hamiltoniana. Le equazioni di Hamilton e la loro formulazione variazionale. Trasformazioni canoniche. Trasformazioni canoniche di contatto (puntuali). Parentesi di Poisson e costanti del moto. Trasformazioni canoniche infinitesime e il teorema di Noether in Meccanica Hamiltoniana. Flussi Hamiltoniani e conservazione del volume nell spazio delle fasi.

7) L’equazone di Hamilton-Jacobi. Integrali completi. Separazione delle variabli. Sistemi integrabili, variabili angolo-azione e teorema di Liouville (enunciato). Teoria delle perturbazioni. Il principio della media. Perturbazioni di sistemi iscocroni. Il teorema KAM (enunciato)

Prerequisiti

I contenuti dei corsi di Analisi I, Algebra Lineare e Geometria, Fisica I.

Modalità didattica

- Lezioni frontali (5 CFU) in modalità erogativa. Gli studenti parteciperanno a lezioni frontali in cui il docente presenterà il materiale teorico, dimostrerà le tecniche di risoluzione dei problemi.

- Esercitazioni (3 CFU), la cui modalità sarà in parte erogativa e in parte interattiva. Nella prima modalità gli studenti parteciperanno a esercitazioni di tipo frontale in cui il docente applicherà le tecniche esposte nella parte teorica a problemi significativi di meccanica classica. Oltre a queste lezioni frontali, il corso incorporerà metodi di didattica interattiva. Ciò comprenderà attività di gruppo, discussioni e sessioni pratiche di risoluzione dei problemi per migliorare la comprensione e favorire la partecipazione attiva degli studenti. La modalità interattiva riguarderà il 10% circa delle esercitazioni.

La videoregistrazione di lezioni ed esercitazioni sarà disponibile.

Materiale didattico

Testi di riferimento:

L.D. Landau. E. M. Lifshits, Corso di Fisica Teorica, vol. I, "Meccanica".

H Goldstein, C. Poole, J. Safko, “Meccanica Classica”.

Dispense recuperabili dal sito e-learning del corso.

Appunti di parte delle lezioni pubblicate sulla pagina e-learning.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

II semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Esame scritto (con eventuale orale). Lo scritto prevede la discussione e la soluzione di problemi significativi di Sistemi Dinamici, Meccanica Lagrangiana e Meccanica Hamiltoniana, e domande sulla parte teorica.
E' previsto uno scritto parziale durante lo svolgimento del corso, orientativamente a fine aprile/inizio maggio. La parte scritta dell'esame viene completata in uno degli appelli successivi alla fine del corso, entro settembre. Successivamente, i candidati dovranno (ri)affrontare l'intero set di esercizi.
In caso di assenza allo scritto parziale o esito insufficiente, sarà possibile riaffrontare l'esercizio pertinente al primo completamento della parte scritta (entro settembre).
Sono previste tre sessioni di esami: estiva (giugno-luglio), autunnale (settembre) e invernale (gennaio-febbraio).
L'orale prevede una discussione dell'elaborato scritto e la esposizione di alcuni punti fondamentali del programma. Le domande saranno scelte (dal docente) all'interno di una lista che verrà comunicata alla fine del corso agli studenti. All'orale può essere inoltre richiesto allo studente di affrontare problemi analoghi a quelli svolti durante il corso.
Lo scritto è volto a verificare il raggiungimento dei punti 1), 2), 3), 4) e 5) della sezione "Obiettivi", ed il suo peso, ai fini della votazione, è 2/3 nel caso in cui lo studente sostenga anche l’orale (vedi sotto).

L'orale riguarda più specificatamente i punti 1), 4) e 5) della sezione "Obiettivi".
Nella valutazione dello scritto si terrà conto, oltre all'abilità nella soluzione di esercizi, anche la consapevolezza teorica dello studente dell'intero programma. Se dallo scritto si evince questa capacità, e la valutazione è di almeno 22/30, l'elaborato scritto verrà considerato sufficiente per la valutazione complessiva (senza necessità di prova orale). In tal caso, il voto finale proposto sarà uguale a quello conseguito nella prova scritta se questo è minore o uguale a 26/30; 26/30 se maggiore.

Nel caso di scritto con valutazione tra 12/30 e 21/30 compresi lo studente dovrà affrontare la prova orale per il superamento dell'esame. Il docente potrà richiedere di affrontare l'orale anche a studenti con scritto con valutazione maggiore di 21/30 per i quali non si evinca una chiara consapevolezza teorica dell'intero programma.
Lo studente potrà comunque richiedere di affrontare la prova orale (nella stessa sessione), a condizione che allo scritto abbia ottenuto una valutazione complessiva di almeno 12/30. Tale richiesta dovrà essere fatta entro un giorno dalla pubblicazione degli esiti degli scritti.

Nel caso in cui l'esame si componga di scritto e orale, il peso del voto dello scritto sulla votazione complessiva è 2/3.
Sarà possibile sostenere l'esame in lingua inglese, previa richiesta da comunicare per email ai docenti almeno una settimana prima dell'esame scritto.

Orario di ricevimento

Su appuntamento (eventualmente anche a piccoli gruppi) da richiedersi via e-mail o e-learning.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ