



# UNIVERSITÀ DI PISA

## MECCANICA CLASSICA

---

**MASSIMO D'ELIA**

|               |         |
|---------------|---------|
| Academic year | 2019/20 |
| Course        | FISICA  |
| Code          | 035BB   |
| Credits       | 12      |

|                    |        |         |       |                                                 |
|--------------------|--------|---------|-------|-------------------------------------------------|
| Modules            | Area   | Type    | Hours | Teacher(s)                                      |
| MECCANICA CLASSICA | FIS/02 | LEZIONI | 96    | CLAUDIO BONATI<br>MASSIMO D'ELIA<br>PAOLO ROSSI |

### Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

Ci si aspetta che gli studenti acquisiscano conoscenze riguardo a:  
formulazioni lagrangiana e hamiltoniana della meccanica classica, relazione fra simmetrie e quantità conservate, trattazione di problemi di piccole oscillazioni per sistemi a pochi o molti gradi di libertà.  
teoria della relatività speciale con applicazioni a problemi di cinematica relativistica quali diffusione, decadimento ed produzione di particelle.  
meccanica statistica elementare.

#### Modalità di verifica delle conoscenze

- gli studenti devono dimostrare una buona conoscenza dei contenuti del corso e la capacità di risolvere problemi di meccanica analitica, relatività ristretta e meccanica statistica elementare

#### Capacità

- Lo studente avrà acquisito le capacità sufficienti per proseguire nei suoi studi ed affrontare nuovi concetti riguardanti la meccanica quantistica, la meccanica statistica avanzata e la formulazione covariante dell'elettrodinamica

#### Modalità di verifica delle capacità

- Verranno svolte sessioni dedicate alla discussione di esempi e problemi significativi

#### Comportamenti

- Gli studenti avranno acquisito la capacità di trattare diversi problemi ed aspetti della meccanica classica nell'ambito di uno stesso linguaggio e quadro teorico

#### Modalità di verifica dei comportamenti

- stessi criteri che per la verifica delle capacità

#### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Corsi del primo anno di Fisica I, geometria ed analisi

#### Indicazioni metodologiche

Lezioni frontali ed esercitazioni in classe con risoluzione di problemi. Dispense del docente e raccolta delle prove di esame precedenti con soluzioni disponibili sul sito di elearning

#### Programma (contenuti dell'insegnamento)

##### 1) MECCANICA ANALITICA (primo semestre)

- Richiami sulla meccanica dei sistemi: leggi di conservazione, decomposizione di energia cinetica e momento angolare rispetto al centro di massa.
- Sistemi vincolati e coordinate generalizzate.



## UNIVERSITÀ DI PISA

- Dalle equazioni di Newton a alle equazioni di Eulero-Lagrange mediante il metodo dei lavori virtuali.
  - Covarianza delle equazioni di Eulero-Lagrange sotto cambio delle coordinate generalizzate. Invarianza delle equazioni per aggiunta di una derivata totale rispetto al tempo. Funzione Hamiltoniana.
  - Simmetrie e leggi di conservazione: il teorema di Noether. Invarianza sotto traslazioni e rotazioni.
  - Il gruppo delle rotazioni. Dalle rotazioni infinitesime a quelle finite in 2 dimensioni. Rotazioni infinitesime in 3 dimensioni.
  - Cinematica del corpo rigido: rotazioni infinitesime ed angoli di Eulero.
  - Definizione di tensore. Il tensore di inerzia, riduzione agli assi principali. Equazioni del moto per il corpo rigido libero.
  - Il problema delle piccole oscillazioni intorno all'equilibrio: riduzione ai modi normali di oscillazione.
  - Piccole oscillazioni per un sistema di molti oscillatori accoppiati. Limite al continuo ed equazione della corda elastica.
  - Breve introduzione al calcolo delle variazioni. Le equazioni di Lagrange dal principio variazionale di minima azione di Hamilton. Discussione sul significato del principio ed analogia col principio di Fermat.
  - Ancora sulla corda elastica: densità lagrangiana per un sistema continuo, derivazione delle equazioni di Eulero-Lagrange per un sistema continuo dal principio variazionale.
  - Riformulazione della meccanica in termini di coordinate ed impulsi coniugati: dalla formulazione lagrangiana a quella hamiltoniana.
  - Lo spazio delle fasi, proprietà del campo hamiltoniano.
  - Evoluzione temporale, parentesi di Poisson e loro proprietà.
  - Il teorema di Liouville.
  - Trasformazioni canoniche: funzioni generatrici, invarianza delle parentesi di Poisson. Cenni al gruppo simplettico.
  - Trasformazioni canoniche infinitesime: simmetrie ed invarianti associati.
  - Particella carica in campo elettromagnetico: formulazione lagrangiana ed hamiltoniana.
- 2) INTRODUZIONE ALLA RELATIVITÀ RISTRETTA (circa 6 settimane)
- L'esperimento di Michelson-Morley. Incompatibilità tra le trasformazioni di Galileo e l'elettromagnetismo.
  - Le trasformazioni di Lorentz.
  - Trasformazioni di velocità.
  - Il gruppo di simmetria delle trasformazioni di Lorentz: quadritettori e quantità invarianti.
  - Quadrivelocità e quadriaccelerazione.
  - Energia ed impulso in relatività ristretta.
  - La lagrangiana di una particella libera relativistica: leggi di conservazione ed il quadritettore energia-impulso.
  - Cinematica dei sistemi di particelle relativistiche: sistema del centro di massa, massa invariante, leggi di conservazione.
  - Problemi vari di diffusione e decadimento relativistici.
- 3) INTRODUZIONE ALLA MECCANICA STATISTICA (circa 6 settimane)
- Richiami di termodinamica.
  - L'equilibrio termico mediante il metodo di Gibbs: distribuzione termica nello spazio delle fasi.
  - Ensemble microcanonico e canonico.
  - La funzione di partizione del gas perfetto. Pressione ed equazione di stato.
  - Ensemble grancanonico e potenziale chimico. Potenziali termodinamici.
  - Calori specifici: predizioni per il gas perfetto monoatomico e biatomico, confronto con i dati sperimentali. La necessità di avere livelli energetici discreti.
  - Termodinamica dell'oscillatore armonico con livelli discreti. Il cristallo di Einstein.
  - Termodinamica di un sistema di oscillatori accoppiati: il modello di Debye per il calore specifico nei solidi. Cenni al problema del corpo nero.

### Bibliografia e materiale didattico

Dispense del docente e raccolta di problemi di esame svolti disponibile sul sito elearning.

Alcuni testi consigliati:

H. Goldstein, Classical Mechanics/Meccanica Classica.

L.D. Landau and E.M. Lifshitz: Volume 1 (mechanics) and 2 (special relativity)

Jackson, Classical Electrodynamics (chapter on special relativity)

Kittel, Elementary Statistical Physics.

P. Rossi, Meccanica Classica, Pisa University Press, 2011 (ottima raccolta di problemi)

C.M. Becchi, M. D'Elia, Introduction to the basic concepts of modern physics (special relativity, statistical mechanics), Springer-Verlag 2016

### Indicazioni per non frequentanti

nessuna indicazione particolare

### Modalità d'esame

La prova scritta consiste nella soluzione di 4 problemi (meccanica lagrangiana, hamiltoniana, relatività ristretta, meccanica statistica), per ogni problema sono previsti 8 punti, il punteggio minimo per superare lo scritto è 16. La prova orale consiste nella discussione di problemi simili.

### Note

nessuna

Ultimo aggiornamento 19/08/2019 12:37