

Corso di laurea in Fisica (L - 30)

Scheda dell'insegnamento di: Meccanica Analitica

Anno di corso 2018-2019 Periodo: Corso Annuale

Settore scientifico-disciplinare: 01/A4 (Fisica Matematica)

CFU 9

Eventuali propedeuticità: Analisi Matematica 1- Fisica 1.

Nome del docente: Trovato Massimo

Obiettivi formativi: Il corso persegue quale obiettivo principale la trattazione teorica della meccanica classica. In particolare costituisce il fondamento fisico-matematico per :

- i) lo studio dei sistemi olonomi con particolare riguardo alla cinematica ed alla dinamica dei sistemi materiali rigidi.
- ii) La meccanica Analitica.

Il corso si prefigge, come obiettivi formativi finalizzati all'apprendimento, di sviluppare negli studenti:

- a) la capacità di ragionamento induttivo e deduttivo;
- b) la capacità di schematizzare un fenomeno naturale in termini di grandezze fisiche scalari, vettoriali e tensoriali, di impostare un problema utilizzando opportune relazioni fra grandezze fisiche (di tipo algebrico, integrale, differenziale) e di risolverlo con metodi analitici e/o numerici.

Programma del corso:

1. Vettori e Tensori (circa 3-4 Lezioni)

Spazi vettoriali, dimensioni e basi di uno spazio vettoriale, cambiamenti di base, spazi pseudo-euclidei ed euclidei, matrice della metrica, componenti covarianti e controvarianti. Coordinate cartesiane, polari, sferiche, cilindriche. Cambiamenti di coordinate. *Riferimento Naturale* e coordinate curvilinee. Algebra Tensoriale. Componenti covarianti, controvarianti, miste di un tensore e cambiamenti di base. Campi vettoriali. Spazi puntuali affini. Campi equiproiettivi. Esercizi.

2. Cinematica (circa 6 lezioni)

Cinematica del punto: Cenni sulle proprietà differenziali delle curve. Ascissa curvilinea. Formule di Frenet. Moto circolare e moto elicoidale. Studio del moto nel triedro di Frenet e nei riferimenti *Naturali* (coordinate cilindriche e sferiche). Esercizi.

Cinematica dei Moti rigidi: Condizioni cinematiche di rigidità. Gradi di libertà di un sistema. Relazione tra la teoria dei moti rigidi e quella dei campi equiproiettivi. Derivata di un vettore solidale e formule di Poisson. Moti rigidi elementari - moto traslatorio - moto rotatorio - moto elicoidale. Moto rigido sferico. Moto rigido piano. Principio dei moti relativi. Teorema di Coriolis. Moto di trascinamento traslatorio e rotatorio. Moti composti e composizione di moti rigidi. Angoli di Eulero. Relazioni tra le componenti della velocità angolare e gli angoli di Eulero. Esercizi.

3. Dinamica (circa 10 lezioni)

Assiomi della dinamica classica. Equazioni Cardinali. Baricentri e Momenti di Inerzia. Tensore di Inerzia. Riferimento Principale e centrale di inerzia. Legge di Huygens. Momento della quantità di moto nel riferimento centrale di Inerzia. Calcolo della energia cinetica. Teorema di Konig. Caso del moto rigido sferico attorno ad un polo O. Esercizi

Generalità sui vincoli: Vincoli olonomi ed anolonomi. Moto di rotolamento senza strisciare. Spazio delle configurazioni. Vincoli bilateri e gradi di libertà. Spostamenti possibili e spostamenti virtuali. Spostamenti reversibili ed irreversibili. Vincoli ideali. Lavoro delle reazioni vincolari.

Equazioni di Lagrange: Equazione simbolica della dinamica. Forma esplicita delle equazioni di Lagrange. Condizioni per l'esistenza dei potenziali. Potenziali generalizzati ed applicazioni alle forze "apparenti" ed ai campi elettromagnetici. Forma deterministica delle equazioni di Lagrange. Condizioni di equilibrio. Stabilità ed instabilità di una configurazione di equilibrio. Cenni sui Teoremi di Lyapunov e di Dirichlet. Studio dei moti approssimati attorno alle configurazioni di equilibrio. Esercizi.

4. Risoluzioni di compiti di meccanica (circa 6-7 Lezioni)

5. Meccanica Analitica (circa 16 Lezioni)

Sistema Lagrangiano. Funzionale di Hamilton. Variazione di un funzionale per variazioni asincrone e ad estremi non fissi nello Spazio delle Configurazioni. Principio di Hamilton. Equazioni di Lagrange. Trasformazioni di coordinate ed invarianza delle Eq. di Lagrange. Conservazione dell'energia. Principio di Azione Stazionaria di Maupertius per variazioni isoenergetiche ad estremi fissi e sua interpretazione geometrica. Applicazioni: calcolo delle geodetiche, Brachistocrona. Simmetrie e leggi di conservazioni: Trasformazioni infinitesime, Teorema di Noether. Applicazioni del teorema di Noether. Invarianza per traslazioni. Invarianza per rotazioni. Applicazioni ed esempi. Problema a due corpi. Formalismo Hamiltoniano nello Spazio delle Fasi. Funzione Hamiltoniana. Trasformazione di Legendre ed Eq. di Hamilton. Applicazioni ed esempi. Equazioni di Hamilton dedotte da un principio variazionale ed applicazioni nello spazio delle fasi. Trasformazioni Canoniche. Funzioni generatrici di I, II, III, IV tipo. Applicazioni ed esempi. Approccio generale per le Trasformazioni Canoniche ed esempi. Teoria di Hamilton-Jacobi. Metodo della separazione delle variabili. Applicazioni ed esempi. Parentesi di Poisson. Integrali primi. Teorema di Poisson ed applicazioni. Esercizi.

6. Cenni di Meccanica Analitica in teoria dei campi elettromagnetici (3 Lezioni).

Formulazione Lagrangiana ed equaz. di moto dedotte da principi variazionali. Variazione di un funzionale di campo. Tensore del campo Elettromagnetico. Gauge invarianza e connessione con i potenziali generalizzati. Invarianti del campo Elettromagnetico e costruzione della Lagrangiana utilizzando i teoremi di rappresentazione per funzioni scalari di Lorentz. Formulazione generale per le equaz. lineari e non lineari di Maxwell, interpretazione microscopica, verifiche sperimentali.

Testi di riferimento

1. Appunti del docente.
2. S. Rionero, Lezioni di Meccanica razionale, Liguori Editore.
3. Strumia Alberto, Meccanica razionale. Vol. 1 e Vol. 2, Ed. Nautilus Bologna
(<http://albertostrumia.it/?q=content/meccanica-razionale-parte-ii>)
4. Strumia Alberto, Complementi di Meccanica Analitica
(<http://albertostrumia.it/?q=content/meccanica-razionale-parte-ii>)

5. A.Fasano, V.De Rienzo, A.Messina, *Corso di Meccanica Razionale*, Laterza, Bari.
6. H. Goldstein, *Meccanica classica*, Zanichelli, Bologna.
7. L.D. Landau E. M. Lifshits, *Fisica teorica. Vol. 1: Meccanica*, Editori Riuniti.
8. Valter Moretti, *Elementi di Meccanica Razionale, Meccanica Analitica e Teoria della Stabilità*. (<http://www.science.unitn.it/~moretti/runfismatl.pdf>)
9. L.D. Landau E. M. Lifshits, *Fisica teorica. Vol. 2: Teoria dei campi*, Editori Riuniti.

Attività didattiche previste: Lezioni frontali ed esercitazioni in aula (*il numero di Lezioni previste per ogni parte del programma è orientativo e può variare secondo le esigenze didattiche degli studenti*).

Prove in itinere

Non verrà svolta alcuna prova in itinere durante il corso.

Metodi e criteri di valutazione dell'apprendimento: L'apprendimento verrà valutato tramite una prova scritta finalizzata alla risoluzione di esercizi concreti di meccanica da svolgere sulla base delle conoscenze teoriche acquisite durante l'espletamento del corso. La prova scritta servirà quindi a valutare la capacità di schematizzare un fenomeno naturale e di impostare un problema utilizzando opportune relazioni fra grandezze fisiche (di tipo algebrico, integrale o differenziale) e di risolverlo con metodi analitici. La prova orale servirà altresì a valutare le capacità di *apprendimento* e di *collegamento tra i vari argomenti del programma*, verificando le capacità di ragionamento induttivo e deduttivo dello studente.

Criteri per l'attribuzione del voto finale: Prova scritta ed orale. Il risultato della prova scritta concorre alla determinazione del voto finale.