



MECCANICA ANALITICA

MAT/07 - 9 CFU - Insegnamento annuale

Docente titolare dell'insegnamento

MASSIMO TROVATO

Email: trovato@dmi.unict.it

Edificio / Indirizzo: Dipartimento di Matematica e Informatica, Blocco III, ufficio M37, Viale A. Doria 6, 95125 Catania

Telefono: 0957383037

Orario ricevimento: Mercoledì e Venerdì dalle ore 16:30 alle ore 19

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso persegue quale obiettivo principale la trattazione teorica della meccanica classica consentendo allo studente di collegare gli argomenti del corso con i concetti appresi in Analisi Matematica I, Analisi Matematica II, Geometria I, Fisica generale I e Fisica Generale II.

Con il presente corso lo studente acquisirà le conoscenze di base per :

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

In particolare, in riferimento anche ai cosiddetti "Descrittori di Dublino" il corso avrà lo scopo di raggiungere le seguenti competenze trasversali:

1) Conoscenza e capacità di comprensione:

Il corso si prefigge lo scopo di fornire strumenti matematici (quali teoremi, procedure dimostrative ed algoritmi) che permettono di affrontare applicazioni reali in: matematica applicata, fisica, informatica e altro. Lo studente con tali strumenti matematici dovrà avere nuove capacità matematiche utili a risolvere problematiche teoriche e applicative.

2) Capacità di applicare conoscenza e comprensione:

Alla fine del corso si dovrà acquisire una conoscenza e una comprensione delle nuove tecniche matematiche utili per tutti i possibili collegamenti tra gli argomenti del corso e, se possibile, proporre nuove problematiche non trattate con gli studenti.

3) Autonomia di giudizio:

Il corso, basato su un metodo logico deduttivo, darà allo studente capacità autonome di giudizio per discernere metodi di dimostrazioni non corrette, inoltre lo studente, mediante un ragionamento logico, dovrà affrontare adeguate problematiche di meccanica, e più in generale di matematica applicata, cercando di risolverle con l'aiuto interattivo del docente.

4) Abilità comunicative:

Nella prova finale di esame lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto una adeguata maturità espositiva delle varie tecniche matematiche apprese.

5) Capacità di apprendimento:

Gli studenti potranno acquisire le competenze necessarie per intraprendere studi successivi (laurea magistrale) con un alto grado di autonomia. Il corso oltre a proporre argomenti teorici presenta argomenti che potranno essere utili in vari campi lavorativi.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

L'insegnamento verrà svolto mediante lezioni in aula tenute dal docente. In tali lezioni il programma vedrà suddiviso in sezioni: Algebra vettoriale e tensoriale; Cinematica; Dinamica; Meccanica Analitica; Principi variazionali in teoria dei campi elettromagnetici. In ognuna di tali sezioni il docente dapprima affronterà i principali argomenti teorici e poi mostrerà come tali argomenti possano legarsi a possibili applicazioni. In seguito, verranno presentati e discussi molti esercizi allo scopo di individuare e discutere soluzioni ed applicazioni su argomenti relativi ai risultati teorici.

Il corso è costituito complessivamente da 9 CFU dei quali:

7 CFU (corrispondenti a 7 ore ciascuno) sono dedicati a lezioni teoriche in Aula per un totale di 49 ore, e

2 CFU (corrispondenti a 15 ore ciascuno) sono dedicati a esercitazioni in Aula, per un totale di 30 ore.

Il corso (9 CFU) comprende quindi complessivamente circa 80 ore di attività didattiche.

PREREQUISITI RICHIESTI

Per poter sostenere l'esame di Meccanica Analitica è necessario aver superato gli esami di : Analisi I, Fisica I.

FREQUENZA LEZIONI

La frequenza è obbligatoria.

Durante le lezioni potranno essere raccolte le firme di presenza.

CONTENUTI DEL CORSO

Algebra vettoriale e tensoriale:

Spazi vettoriali, dimensioni e basi di uno spazio vettoriale. Spazi Pseudo-euclidei ed euclidei. Tensore metrico. Componenti covarianti e controvarianti di un vettore. Coordinate cartesiane, polari, sferiche e cilindriche. Cambiamenti di Coordinate. Coordinate curvilinee. Calcolo del prodotto scalare, del prodotto vettoriale e del prodotto misto tra due vettori. Algebra Tensoriale. Componenti Covarianti, Controvarianti e miste di un tensore. Campi vettoriali in fisica.

Cinematica:

Cinematica delle particelle. Movimento, velocità e accelerazione di un punto materiale: moto piano, moto circolare, moto armonico e moto elicoidale. Ascissa curvilinea. Sistemi di riferimenti intrinseci. Formule

Frenet. Cinematica dei corpi rigidi. Formule di Poisson e velocità angolare. Analisi del campo di velocità di un corpo rigido. Diversi tipi di moti rigidi. Moti rigidi Piani. Moto di un Corpo rigido con un punto fisso. Moto di un Corpo rigido con un asse fisso. Meccanica dei corpi rigidi ed alcune applicazioni. Cinematica relativa. Composizione delle velocità, delle accelerazioni e delle velocità angolari. Equivalenza galileiana. Sistemi di riferimento inerziali e trasformazioni Galilei. Sistemi di riferimento Inerziali e non inerziali. Teorema di Coriolis. Forze fittizie. Forze di Coriolis. Angoli di Eulero.

Dinamica:

Assiomi della dinamica classica. Statica e dinamica di una particella. Statica e dinamica di un sistema. Equazioni cardinali in statica e in dinamica. Teoremi di conservazione. Dinamica di un corpo rigido. Centri di massa e momenti di inerzia. Tensore di Inerzia, assi principali, momenti principali di inerzia. Proprietà del tensore di inerzia. Teoremi di Huygens e Steiner. Teorema di Koenig per l'energia cinetica. Energia cinetica e momento angolare di un corpo rigido. Energia potenziale. Vincoli. Vincoli olonomi e anolonomi per sistemi fisici. Coordinate generalizzate e gradi di libertà. Spazio delle configurazioni. Vincoli bilaterali e unilaterali. Spostamenti reversibili e irreversibili. Vincoli ideali. Spostamenti possibili e virtuali. Principio dei lavori virtuali. Principio di d'Alembert. Lagrangiana ed equazioni di Lagrange. Campi di forza conservativi e potenziali. Conservazione dell'energia. Potenziali generalizzati ed applicazioni. Integrali del moto. Posizioni di equilibrio. Stabilità delle posizioni di equilibrio. Teorema di Lyapunov. Teorema di Dirichlet sulla Stabilità. Piccole oscillazioni intorno a punti di equilibrio stabile.

Meccanica Analitica:

Principi variazionali ed equazioni di Lagrange. Spazio delle configurazioni. Vettori tangenti e Spazio tangente. Principi variazionali e principio di Hamilton nello spazio delle configurazioni. Principio di minima azione ed equazioni di Lagrange. Variabili cicliche. Problema del calcolo delle Geodetiche. Il problema della brachistocrona. Simmetrie e leggi di conservazione. Teorema di Noether. Problema dei due corpi. Spazio delle fasi. Formalismo Hamiltoniano. Trasformazioni di Legendre. Equazioni di Hamilton. Derivazione delle equazioni di Hamilton da un principio variazionale. Applicazione dei metodi Hamiltoniani a vari problemi. Trasformazioni canoniche. Funzione Generatrice di una trasformazione canonica. Applicazioni ed esempi. La teoria di Hamilton-Jacobi. Derivazione della equazioni di Hamilton-Jacobi a partire da un principio variazionale. Equazione di Hamilton-Jacobi e sue applicazioni. Metodo della separazione delle variabile per le equazioni di Hamilton-Jacobi. Parentesi di Poisson. Torema di Poisson. Applicazioni ed esempi.

Principi variazionali in teoria dei campi elettromagnetici:

Formulazione Lagrangiana ed equazioni 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 equazioni 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.

ALTRO MATERIALE DIDATTICO

<http://www.dmi.unict.it/~trovato/Didattica%20Fisica.html>

PROGRAMMAZIONE DEL CORSO

	Argomenti	Riferimenti testi
1	Composizione delle velocità e delle accelerazioni	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
2	Cinematica relativa	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
3	Cinematica dei corpi rigidi	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
4	Angoli di Eulero	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
5	Equazioni cardinali	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
6	Dinamica dei corpi rigidi	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
7	Equazioni di Lagrange	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
8	Potenziali generalizzati	App. docente, Rionero, Strumia (Mecc. Raz.), Moretti
9	Principi variazionali e principio di Hamilton	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifshits Vol.1, Moretti
10	Principio della minima azione.	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifshits Vol.1, Moretti
11	Simmetrie e leggi di conservazione, Teorema di Noether.	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifshits Vol.1, Moretti
12	Problema dei due corpi.	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifshits Vol.1, Moretti
13	Equazioni di Hamilton.	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifshits Vol.1, Moretti
14	Trasformazioni canoniche	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifshits Vol.1, Moretti

15	Teoria di Hamilton-Jacobi	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifsits Vol.1,Moretti
16	Parentesi di Poisson	App. docente, Strumia (Compl. Mecc. Anal.), Goldstein, Landau-Lifsits Vol.1,Moretti
17	Principi variazionali in teoria dei campi elettomagnetici	App. docente, Landau-Lifsits Vol.2

VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Non verrà espletata alcuna prova in itinere.

La verifica della preparazione viene effettuata mediante esami o prove orali e scritti, che si svolgono durante i periodi previsti nei calendari accademici del Dipartimento, in date (appelli d'esame) pubblicate nel Calendario annuale delle sessioni d'esame (o Calendario degli esami). In particolare il risultato della prova scritta concorrerà alla determinazione del voto finale.

Per le PROVE SCRITTE:

- La durata di ciascuna prova scritta è di 3 ore;
- Essa è costituita da un problema di meccanica classica composto da 3/4 esercizi;
- I contenuti dei capitoli etichettati come "Cinematica" e "Dinamica" riportati nei "Contenuti del corso" possono essere argomenti della prova scritta;
- La prova scritta ha una durata di validità di due appelli (quello relativo alla prova svolta ed il successivo appello), del relativo Anno Accademico.

Per le PROVE ORALI:

- Sono previsti possibili commenti relativi alla prova scritta;
- Nei criteri adottati per la valutazione della prova orale si valuterà:
 - 1) la pertinenza delle risposte rispetto alle domande formulate,
 - 2) il livello di approfondimento dei contenuti esposti,
 - 3) la capacità di collegamento con altri temi oggetto del programma e con argomenti già acquisiti in corsi di anni precedenti, la capacità di riportare esempi,
 - 4) la proprietà di linguaggio e la chiarezza espositiva.

ESEMPI DI DOMANDE E/O ESERCIZI FREQUENTI

http://www.dmi.unict.it/~trovato/Testi_compiti.pdf