



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## MECCANICA RAZIONALE

### GIANLUIGI DEL MAGNO

Anno accademico 2022/23  
CdS INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA  
Codice 433AA  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
MECCANICA RAZIONALE	MAT/07	LEZIONI	72	GIANLUIGI DEL MAGNO

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Lo studente sarà in grado di impostare e risolvere problemi di statica e di dinamica di corpi rigidi vincolati.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Ricevimenti ed incontri periodici.

##### *Capacità*

Capacità di affrontare problemi di meccanica, sia di ordine teorico che tecnico applicativo, con il dovuto rigore matematico.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Ricevimenti personali e di gruppo.

##### *Comportamenti*

L'aspettativa è che lo studente sviluppi la capacità di uno studio individuale sistematico finalizzato ad impostare in modo organico problemi tecnico-scientifici sulla base di pochi principi generali.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Discussione degli argomenti trattati e risoluzione di esercizi in aula e durante i ricevimenti.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Argomenti trattati nei corsi di Analisi I e II, Geometria ed Algebra Lineare e Fisica I: calcolo differenziale ed integrale, geometria analitica, elementi della teoria degli spazi vettoriali, meccanica del punto materiale.

#### Indicazioni metodologiche



### Programma (contenuti dell'insegnamento)

- **Calcolo vettoriale:** Vettori; Operazioni vettoriali: somma, prodotto di un vettore per uno scalare, prodotto scalare, prodotto vettoriale, modulo, prodotti misti; Dipendenza lineare; Base; Componenti di un vettore
- **Cinematica del punto:** Sistema di riferimento cartesiano; Coordinate cartesiane; Coordinate polari; Coordinate cilindriche; Coordinate polari sferiche; Moto di un punto, Velocità e accelerazione di un punto rispetto ad un dato sistema di riferimento; Moto rettilineo uniforme; Moto circolare uniforme; Ascissa curvilinea; Terna di Frenet; Curvatura e raggio di curvatura; Torsione; Formule di Frenet
- **Cinematica del corpo rigido:** Corpo rigido; Condizione di rigidità; Sistema di riferimento solidale; Formule di Poisson; Velocità angolare di un corpo rigido; Legge delle velocità di un corpo rigido; Moto rigido piano, Campo vettoriale delle velocità; Centro di istantanea rotazione; Teorema di Chasles; Polari fissa e mobile; Moto rigido generale; Asse di Mozzi e asse d'istantanea rotazione; Angoli di Eulero; Velocità angolare di un corpo rigido e angoli di Eulero; Esempi di moti rigidi: traslatorio, polare, rotazionale e elicoidale
- **Cinematica relativa:** Formule di composizione delle velocità e delle accelerazioni; Legge di composizione delle velocità angolari
- **Sistemi vincolati:** Sistemi materiali; Configurazione di un sistema materiale; Coordinate Lagrangiane; Gradi di libertà; Vincoli; Classificazione dei vincoli; Vincoli principali per sistemi rigidi piani: cerniera fissa, cerniera mobile, carrello, pattino; Vincolo di rotolamento puro; Vincoli integrabili; Spostamenti virtuali; Spostamenti virtuali reversibili e vincoli bilateri; Spostamenti virtuali per sistemi con vincoli olonomi; Lavoro virtuale; Vincoli ideali; Analisi della condizione di idealità per vari vincoli
- **Principi della meccanica:** Forze attive e reattive; Forza peso e forza elastica; Gradiente di una funzione scalare; Forze conservative e energia potenziale; Rotore di un campo vettoriale; Criterio del rotore per campi conservativi; Calcolo dell'energia potenziale di un campo di forze conservativo; Cenni di teoria delle equazioni differenziali ordinarie: teorema di esistenza e unicità della soluzione del problema di Cauchy; Equilibrio di un punto materiale; Moto di un punto materiale libero nel campo di gravitazionale terrestre; Oscillatore armonico semplice, forzato e smorzato: soluzione generale e soluzione del problema di Cauchy; Vincoli di contatto e attrito radente; Legge di Coulomb-Morin
- **Geometria delle masse:** Sistemi materiali discreti e continui; Sistemi omogenei; Centro di massa; Proprietà del centro di massa; Piani e assi di simmetria materiale; Calcolo del centro di massa di un arco di circonferenza omogeneo, di un settore circolare omogeneo e di un cilindro omogeneo; Momento d'inerzia; Matrice d'inerzia; Teorema di Huygens-Steiner; Matrice d'inerzia per sistemi piani; Calcolo momenti d'inerzia: asta omogenea, circonferenza omogenea, lamina rettangolare omogenea, asta non-omogenea, disco omogeneo, cilindro omogeneo; Formule del momento della quantità di moto e dell'energia cinetica per un corpo rigido
- **Statica:** Forze interne e esterne; Equilibrio di un sistema materiale; Momento di un vettore; Equazioni cardinali della statica; Sistema di forze parallele e centro delle forze parallele; Sistemi labili, ipostatici e iperstatici; Sistemi in equilibrio soggetti a due forze e a tre forze; Arco a 3 cerniere; Travature reticolari; Principio dei lavori virtuali; Lavoro virtuale per sistemi soggetti a vincoli ideali olonomi; Forze generalizzate; Forze generalizzate conservative; Energia potenziale; Metodo della stazionarietà dell'energia potenziale; Stabilità (secondo Lyapunov) di una configurazione di equilibrio; Teorema di Dirichlet-Lagrange; Matrice Hessiana dell'energia potenziale
- **Dinamica:** Quantità di moto e momento della quantità di un sistema materiale; Equazioni cardinali della dinamica; Equazioni del moto del centro di massa; Integrali primi; Conservazione del momento e della quantità di moto; Energia cinetica; Teorema dell'energia cinetica; Energia Meccanica; Conservazione dell'energia meccanica; Principio di d'Alembert; Relazione e equazione simbolica della dinamica; Equazioni di Lagrange; Equazioni di Eulero-Lagrange per sistemi conservativi

### Bibliografia e materiale didattico

#### Teoria e Esercizi

- Appunti delle lezioni disponibili nel canale Teams del corso o nel sito e-learning della scuola di Ingegneria
- P. Biscari, T. Ruggeri, G. Saccomandi e M.F. Vianello, Meccanica Razionale, 3a Edizione, Unitext 93, Springer Milan, 2015  
Disponibile in versione e-book in biblioteca <http://www.sba.unipi.it>
- G. Amendola, Meccanica Razionale Lezioni Con Esercizi Ragionati per Gli Studenti Dei Corsi Di Laurea in Ingegneria, Tipografia Editrice Pisana, 2015
- P. Biscari, Introduzione Alla Meccanica Razionale. Elementi Di Teoria Con Esercizi, Unitext 94, Milano, Springer, 2016

#### Esercizi

- D. Serra e C. Trimarco, Esercizi di Meccanica Razionale, Pisa University Press, 2019
- G. Frosali e F. Ricci, Esercizi di meccanica razionale, Ed. Esculapio, 2013

### Indicazioni per non frequentanti

Non dissimili da quelle per frequentanti.

### Modalità d'esame

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale. Entrambe le prove si svolgeranno in presenza.

Durante la prova scritta è consentito solo l'uso di una calcolatrice e di fogli bianchi per la brutta copia. L'uso di computer, tablet e cellulari non è consentito. Lo svolgimento deve essere scritto su fogli forniti dai docenti.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

La prova scritta consiste nella risoluzione di 2 o 3 esercizi. Uno degli esercizi potrebbe richiedere la discussione di un argomento di teoria (per esempio: Formulare il Principio dei lavori virtuali, Descrivere le equazioni di Lagrange-Eulero). La durata della prova scritta è di 3 ore.

La prova orale consiste in un colloquio sullo svolgimento della prova scritta e sulla teoria. Durante la prova orale potrà essere richiesto al candidato di risolvere esercizi.

L'ammissione alla prova orale richiede un voto nella prova scritta non inferiore a 16. La prova orale deve svolgersi nello stesso appello della prova scritta e non può essere posticipata.

Per partecipare alle prove scritte e orali è obbligatorio iscriversi attraverso il portale Valutami.

*Ultimo aggiornamento 06/08/2022 15:10*