

## MECCANICA DELLE MACCHINE PER L'AUTOMAZIONE

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica e dell'Automazione (ordinamento: DM 270/04; classe: LM-32)  
Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Elettronica ed Informatica (curriculum: Ingegneria dell'Automazione; classe: L-8)  
Docente: Prof. Raffaele Di Gregorio

### Esami propedeutici

Tutti gli esami di "Analisi Matematica", "Geometria ed Algebra" e "Fisica" normalmente inclusi nei curricula delle lauree triennali in Ingegneria.

### Finalità del corso

Il corso ha lo scopo di fornire gli strumenti di base per lo studio dei sistemi meccanici. Durante il corso gli argomenti sono affrontati sia da un punto di vista teorico che da un punto di vista applicativo. In particolare, per ogni argomento sono proposti vari esercizi la cui soluzione è in parte affrontata a lezione ed in parte lasciata allo studente come strumento di autoverifica.

### Programma Svolto A.A. 2023/2024

#### **RICHIAMI DI ALGEBRA E GEOMETRIA:**

Vettore libero; Vettore applicato; Componenti di un vettore; Matrici di rotazione (definizione e proprietà); Prodotto scalare; Prodotto vettoriale; Concetto di Tensore. (Rif. [1], Capp. I e II)

#### **CINEMATICA DEL PUNTO MATERIALE:**

Funzioni parametriche di punti e vettori; Traiettoria; Velocità; Accelerazione; Moto piano. (Rif. [1], Cap. V)

#### **CINEMATICA DEL CORPO RIGIDO (c.r.):**

Parametri geometrici necessari a definire la postura (posizione+orientamento) di un c.r.; Velocità angolare: concetto fisico e definizione analitica; Formula di Poisson; Relazione fra le velocità di due punti di un c.r.; Invariante scalare; Vettori caratteristici del campo di velocità di un c.r.; Equivalenza e somma di campi di velocità; Asse istantaneo del moto (asse di Mozzi): definizione e determinazione; Accelerazioni: teorema di Rivals; Moti relativi;

Moto piano (m.p.): parametri geometrici necessari a definire la postura di un c.r. nel m.p., relazione fra le velocità di due punti di un c.r. nel m.p., centro di istantanea rotazione (definizione e determinazione), teorema di Rivals nel m.p., centro delle accelerazioni (definizione e determinazione). (Rif. [1], Capp. VI e VII; Rif. [3], Cap. V)

#### **CINEMATICA DEI SISTEMI VINCOLATI:**

Vincoli; Gradi di libertà; Coordinate lagrangiane; Spostamenti. (Rif. [1], Cap. VIII)

#### **CINEMATICA DEI MECCANISMI:**

Concetto di anello e classificazione dei meccanismi (paralleli, seriali ed ibridi); Analisi cinematica (posizione, velocità ed accelerazione) per via analitica; Quadrilatero articolato; Manovellismo di spinta. (Rif. [3], Cap. 6, parr. 6.1-6.2-6.3-6.4-6.5-6.6-6.7; Rif. [2])<sup>1</sup>

#### **SISTEMI DI FORZE:**

Concetto di forza; Momento di una forza; Risultante e momento risultante di un sistema di forze; Teorema di trasposizione dei momenti; Equivalenza fra sistemi di forze; Riduzione di un sistema di forze ad una unica forza più una unica coppia; Invariante scalare di un sistema di forze (trinomio invariante); Asse centrale di un sistema di forze: definizione e determinazione; Sistemi di forze equilibrati; Sistemi di forze piani: riduzione ad una unica forza (determinazione grafica ed analitica del risultante). (Rif. [1], Cap. III)

#### **DINAMICA DEL PUNTO MATERIALE:**

Leggi della dinamica; Sistemi di riferimento assoluti e relativi; Impulso; Quantità di moto; Momento della quantità di moto; Lavoro e potenza; Energia cinetica; Teorema delle forze vive. (Rif. [1], Cap. X)

#### **DINAMICA DEI SISTEMI DI PUNTI MATERIALI:**

Baricentro; Quantità di moto; Momento della quantità di moto; Forze d'inerzia (risultante e momento risultante delle forze d'inerzia nel caso generale ed in quello del c.r. che si muove di moto piano); Equazioni del moto ed equazioni di D'Alembert; Energia cinetica: definizione, teorema di Koenig, energia cinetica di un c.r.; Principio di conservazione dell'energia (teorema delle forze vive). (Rif. [1], Capp. XI e XII)

#### **GEOMETRIA DELLE MASSE:**

Baricentro; Momento d'inerzia rispetto ad un asse; Momenti d'inerzia centrifughi; Tensore d'inerzia (proprietà); Teorema di Huyghens; Assi principali d'inerzia ed assi centrali d'inerzia; Momenti d'inerzia di solidi con geometrie semplici (Rif. [1], Cap. IV; Rif. [2]).

#### **DINAMICA DEL CORPO RIGIDO (caso generale):**

Quantità di moto; Momento della quantità di moto; Risultante delle forze d'inerzia; Risultante dei momenti delle forze d'inerzia; Equazioni di Newton-Eulero; Energia cinetica; Masse di sostituzione (caso generale e caso della biella); Modello dinamico del corpo rigido che si muove di moto piano. (Rif. [1], Capp. XI e XII; Rif. [2]; Rif. [3], Cap. 11)

#### **DINAMICA DEI MECCANISMI:**

Classificazione dei vincoli in base al modello matematico del vincolo; Reazioni vincolari: determinazione in funzione del tipo di vincolo; Formula di Grubler; Metodo del corpo libero: principio di sovrapposizione degli effetti, analisi cinetostatica di meccanismi piani; Principio dei lavori virtuali (PLV); Equazioni di Lagrange; Utilizzo del PLV per la soluzione dei problemi di statica dei meccanismi con un grado di libertà (gdl) (coefficienti di velocità e coefficienti di accelerazione, dualità statica-cinematica, calcolo dei coefficienti di velocità tramite i centri di istantanea rotazione); Dinamica dei meccanismi con un gdl (momento d'inerzia ridotto, equazione di Eksergian, problema dinamico diretto ed inverso); Dinamica del manovellismo di spinta (energia cinetica di una macchina alternativa, modello dinamico del manovellismo di spinta, equilibrio dinamico di una macchina alternativa, compensazione delle forze d'inerzia). (Rif. [1], Capp. XI e XII; Rif. [2]; Rif. [3], Cap. 6 (par. 6.6 e 6.8) e Cap. 12)

<sup>1</sup> Per questi argomenti, si consiglia di consultare anche il seguente testo presente in biblioteca:

N. P. Belfiore, A. Di Benedetto, E. Pennestri, "Fondamenti di Meccanica Applicata alle macchine", Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 2005.

### **VIBRAZIONI DI SISTEMI AD UN GDL:**

Generalità: molle (caratteristica meccanica, rigidità, rigidità equivalente di molle in serie ed in parallelo), smorzatori (caratteristica meccanica, coefficiente di smorzamento, coefficiente di smorzamento equivalente di smorzatori in serie ed in parallelo); Vibrazioni libere; Vibrazioni forzate. (Rif. [3], Cap. 14: parr. 14.1 – 14.2 – 14.3; Rif. [2])

### **DINAMICA DEI ROTORI:**

Squilibrio statico e dinamico; Equilibratura dei rotori (generalità, macchine equilibratrici supercritiche e subcritiche); Velocità critiche flessionali (risposta allo squilibrio del rotore elementare (rotore di Jeffcott)). (Rif. [3], Cap. 15: parr. 15.1 – 15.2 – 15.3 (punti (a), (b) e (c)) – 15.4 – 15.5; Rif. [2])

### **MECCANISMI CON CAMME:**

Legge di moto del cedente; Tracciamento di una camma; Sistema articolato equivalente; Analisi cinetostatica; Angolo di pressione; Sottotaglio; Leggi di moto elementari. (dispense da scaricare dalla sezione “Dispense (DM 270/04)” del sito del corso)

### **ROTISMI:**

Trasmissione del moto con ruote dentate (principi generali); Rotismi ordinari; Rotismi epicicloidali; Differenziale; Rapporti fra i momenti esterni agenti su di un rotismo. (Rif. [3], Capp. 7 e 8; Rif. [2])

### **Modalità d’Esame**

In sede d' esame sarà verificata, anche tramite lo svolgimento di esercizi, la conoscenza organica degli argomenti svolti a lezione.

**Gli argomenti su cui verte l’esame sono sempre quelli elencati nel “Programma Svolto” dell’ultimo corso completato prima della data di svolgimento dell’esame, che viene caricato sul sito del corso.**

L’esame è strutturato su due prove. Nella **I prova** lo studente ha **50 minuti** per rispondere a due domande sugli argomenti riportati nel programma; per superare la prima prova lo studente deve ottenere una valutazione sufficiente su entrambe le domande. **Solo chi supera la I prova accede alla II prova.** Nella **II prova** lo studente ha **80 minuti** per risolvere un esercizio di analisi e modellazione di un meccanismo piano. Chi non supera la seconda prova deve ripetere l’intero esame, comprensivo anche della I prova, in uno degli appelli successivi. Se l’esame si svolge in presenza, lo studente svolgerà le prove in aula; diversamente, cioè, se l’esame si svolge a distanza, lo studente svolgerà le due prove a distanza secondo le modalità di dettaglio riportate nella sezione “Dispense” del sito del corso. Per esigenze di archiviazione e correzione pubblica dei compiti svolti, anche quando l’esame si svolge in aula, per consegnare l’elaborato, lo studente dovrà generare col proprio smartphone un unico file PDF contenente la scansione dell’elaborato ed il proprio documento (con foto e firma) ed inviarlo tramite e-mail al docente seguendo le stesse modalità di consegna previste per l’esame a distanza e riportate nella sezione “Dispense” del sito del corso.

Durante le prove d’esame, pena l’esclusione, lo studente dovrà avere a disposizione soltanto 4 fogli bianchi formato A4 (8 facciate), con nome, cognome, matricola e firma nell’intestazione, da usare per lo svolgimento della prova, e strumenti per scrivere/disegnare (penne (anche di vari colori), righelli, squadre, ecc.), non è ammesso l’uso di carta copiativa.

### **Testi di Riferimento**

**Tutti gli argomenti trattati a lezione** sono contenuti nei seguenti testi/files a cui fanno riferimento le indicazioni riguardanti capitolo/paragrafo riportate nel programma:

[1] M.S. Mongiovi, “Appunti di Meccanica Razionale”, Ed. 2011.

[N.B.: dal sito della Prof. Maria Stella Mongiovi (<http://www.unipa.it/mongiovi/>) è possibile scaricare liberamente tre files pdf che contengono le tre parti in cui è suddiviso questo testo oppure una versione dell’intero testo riformattata per essere stampata con facilità è scaricabile, previa autenticazione, dalla sezione “Dispense (DM 270/04)” del sito del corso (<http://www.unife.it/ing/informazione/Fond-mecc-tecnica/dispense-dm-270-04/>)]

[2] File “Materiale Didattico Integrativo (fotocopie, lucidi, note su argomenti specifici)” scaricabile, previa autenticazione, dalla sezione “Dispense (DM 270/04)” del sito del corso (<http://www.unife.it/ing/informazione/Fond-mecc-tecnica/dispense-dm-270-04/>)

[3] Funaioli, E., Maggiore, A. e Meneghetti, U., "Lezioni di MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE – Prima Parte: Fondamenti di Meccanica delle Macchine", Ed. Patron, Bologna, Edizione del 2005.

**Inoltre**, nella sezione “Dispense (DM 270/04)” del sito del corso (<http://www.unife.it/ing/informazione/Fond-mecc-tecnica/dispense-dm-270-04/>) sono disponibili alcuni file che integrano i contenuti dei tre testi sopra richiamati ed una sottocartella “Testi di Approfondimento” che contiene i seguenti testi liberamente scaricabili in rete dai siti degli autori o da siti autorizzati dagli stessi:

[4] G. De Cecco, R. Vitolo, “Note di Calcolo Matriciale”, Ed. 2007

[5] G. De Cecco, R. Vitolo, “Note di Geometria ed Algebra”, Ed. 2007

[6] R. Esposito, “Appunti dalle Lezioni di Meccanica Razionale”, Ed. 1998

[7] T.R. Kane, D.A. Levinson, “Dynamics: Theory and Applications”, Ed. 1985

[8] A. Marzocchi, “Lezioni di Meccanica Razionale”, Ed. 2010

**Infine**, sono liberamente scaricabili in rete dai siti degli autori molti altri testi. Ad esempio, dal sito del Prof. Alberto Strumia (<http://www.albertostrumia.it/libri/didattica.html>) è possibile scaricare liberamente I singoli capitoli in formato pdf e l’indice del testo in due volumi:

[9] A. Strumia, “Meccanica Razionale”, Casa Editrice Nautilus, 2ª Ed. 1996

**Altri testi** sono disponibili presso le biblioteche di UNIFE, tra cui

- [10] V. Franceschini, C. Vernia, “Meccanica Razionale per Ingegneria”, Ed. Pitagora, 2011
- [11] T. Levi-Civita, U. Amaldi, “Lezioni di Meccanica Razionale”, Ed. Zanichelli
- [12] S. Nocilla, “Lezioni di Meccanica Razionale”, Ed. Levrotto & Bella