



# UNIVERSITÀ DI PISA

## MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE

---

**FRANCESCA DI PUCCIO**

Academic year	2023/24
Course	INGEGNERIA AEROSPAZIALE
Code	722II
Credits	6

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
MECCANICA APPLICATA ALLE MACCHINE	ING-IND/13	LEZIONI	60	FRANCESCA DI PUCCIO

### Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito a

- cinematica del corpo rigido e dei sistemi di corpi rigidi;
- statica del corpo rigido e dei sistemi di corpi rigidi;
- meccanica delle superfici (contatto, attrito radente e volvente);
- rendimento e sua valutazione per macchine semplici;
- trasmissioni di potenza;
- trasmissioni con cinghie e con ruote dentate (inclusa generazione ruote);
- funzionamento freni;
- dinamica del corpo rigido e dei sistemi di corpi rigidi;
- oscillazioni dei sistemi ad uno o più gradi di libertà.

#### Modalità di verifica delle conoscenze

La verifica delle conoscenze sarà condotta nelle sessioni d'esame ordinarie e straordinarie, non sono previste prove in itinere.

In aggiunta, facoltativamente, lo studente potrà elaborare (singolarmente o in gruppo) un approfondimento presentato sotto forma di report ed eventuale foglio di calcolo Matlab sulla descrizione/simulazione del funzionamento di una macchina semplice.

#### Capacità

Al termine del corso, lo studente saprà:

- affrontare problemi di cinematica e statica dei sistemi dei corpi rigidi nel piano
- valutare il rendimento di macchine semplici
- descrivere il principio di funzionamento delle trasmissioni meccaniche
- valutare le principali grandezze cinematiche (velocità angolari e di strisciamento) e dinamiche (forze e momenti) nelle trasmissioni e nei freni
- determinare la risposta vibratoria di un sistema ad un grado di libertà

#### Modalità di verifica delle capacità

Durante le ore di esercitazione saranno anche impostate analisi mediante computer per la soluzione dei problemi del corso che lo studente può approfondire in modo autonomo.

Le capacità citate saranno verificate con esercizi nella prova scritta d'esame

### Comportamenti

- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare capacità nell'analisi dei sistemi meccanici piani
- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare capacità nell'analisi del funzionamento di macchine semplici
- Saranno acquisite metodologie per l'analisi dei problemi sia per via grafica che analitica che con eventuale supporto di software

#### Modalità di verifica dei comportamenti

La verifica dei comportamenti sarà condotta nelle sessioni d'esame ordinarie e straordinarie.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Come prerequisiti per seguire in modo proficuo il corso lo studente deve avere conoscenze su

- algebra e analisi vettoriale
- cinematica/statica/dinamica del punto materiale
- cinematica/statica/dinamica del corpo rigido
- elementi di geometria delle masse
- oscillazioni del sistema massa/smolla/smorzatore

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Richiami di algebra e analisi vettoriale.

Richiami ai sistemi di forze. Momento rispetto ad un polo, calcolo in componenti. Legge di variazione del momento al variare del polo.

Invarianza spostando forza su sua retta d'azione o polo parallelamente alla retta d'azione. Sistemi equivalenti. Asse centrale.

Richiami di statica del corpo rigido. Equazioni cardinali della statica per il corpo rigido in forma vettoriale e scalare. Corpo soggetto a due forze, corpo soggetto a 3 forze: condizioni per equilibrio. Problemi di statica nel piano: soluzione analitica e grafica delle equazioni cardinali.

Vincoli: forze reattive come sistemi equivalenti alle azioni esercitate dall'interazione fisica di superfici nei vincoli. Vincoli carrello, coppia rotoidale e coppia prismatica. Esempi di equilibrio di sistemi con vincoli.

Impostazione della soluzione i problemi di statica dei sistemi di corpi rigidi: 1) analisi geometrica dei vincoli: sistemi labili o non labili, 2) analisi fisica dei vincoli: forze reattive, identificazione delle incognite. Valutazione numero incognite e numero equazioni: problemi isostatici / ipostatici. 3) studio dei corpi del sistema isolati (DCL), strategie di soluzione (ricerca corpi scarichi, sottosistemi isostatici...). Principio di sovrapposizione degli effetti.

Richiami di cinematica attraverso lo studio della cinematica del manovellismo di spinta. Formula fondamentale della cinematica rigida piana.

Relazione tra le velocità dei punti di un corpo rigido.

Soluzione esercizi di cinematica, analisi velocità con soluzione grafica, individuazione centri delle velocità, teoremi sulla composizione dei moti: composizione velocità lineari e angolari. Visualizzazione in Matlab del movimento, con analisi di posizione del manovellismo. Cenno alle coordinate omogenee nel piano per tracciare polari della Biella. Analisi del campo delle accelerazioni. Teorema di composizione delle accelerazioni con riferimento al manovellismo di spinta.

Cinematismi e meccanismi: dal manovellismo al glifo oscillante.

Vincolo di rotolamento con e senza strisciamento. Condizioni di vincolo, coordinate libere, gradi di libertà. Polare mobili e fissa. Accelerazione del centro delle velocità.

Meccanica delle superfici: leggi di Coulomb sull'attrito. Attrito nei vincoli coppia prismatica e coppia rotoidale.

Funzionamento e rendimento di macchine semplici: piano inclinato, cuneo e vite. Azione motrice e azione resistente. Rendimento delle macchine nel funzionamento diretto e in quello retrogrado.

Dallo strisciamento al rotolamento. Contatti non conformi: teoria di Hertz. Attrito volvente: fenomeno e introduzione al coefficiente di attrito volvente. Spostamento nel piano con rulli interposti e rimorchio con ruote. Ruota trainata, frenata e motrice. Esempio di determinazione delle reazioni al suolo in veicolo a trazione posteriore. Cuscinetto a rulli/sfere: ripartizione del carico tra gli elementi volventi e momento resistente.

Premessa alla trattazione dei freni. Azioni distribuite: passaggio da campo di pressione con andamento costante, lineare, cosinusoidale a sistema equivalente. Aggiunta delle azioni tangenziali. Generalità sull'usura, tipologie più comuni. Usura adesiva abrasiva e ipotesi di Reye-Archard.

Applicazioni a cuscinetto reggispinga, freno a disco, freno a ceppo ad accostamento libero e accostamento rigido.

Introduzione agli elementi flessibili, freni a nastro ordinari e differenziali.

Introduzione alle trasmissioni di potenza. Trasmissione a cinghia. Relazioni fondamentali e principi di funzionamento pretensionamento, rendimento, tipologie, cinghie a V.

Trasmissione con ruote dentate: principi generali di funzionamento, leggi dell'ingranamento, profili coniugati, evolvente di circonferenza proprietà. Generazione per inviluppo: evoluta, evolvente, circonferenza di base e proporzionamento normale delle ruote dentate. Cenno alle ruote corrette. Funzionamento: segmento di contatto; Condizione di continuità e non interferenza. Azioni scambiate tra i fianchi dei denti delle ruote. Velocità di strisciamento. Pressione di contatto e indicazioni per l'usura dei denti.

Oscillazioni libere dei sistemi ad un grado di libertà smorzati e non smorzati. Oscillazioni torsionali. Pulsazione naturale e fattore di smorzamento. Risposte dei sistemi e classificazione.

Oscillazioni forzate dei sistemi ad un grado di libertà. Concetto di risonanza. Relazione tra forza applicata e forza trasmessa al basamento (trasmissibilità). Isolamento dalle vibrazioni. Forzante con ampiezza proporzionale al quadrato della pulsazione (lavatrice). Cenni ai problemi di determinazione delle oscillazioni libere di sistemi a più gdl non smorzati.

### Bibliografia e materiale didattico

Libri di meccanica applicata consigliati

Funaioli, Maggiore, Meneghetti "Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine"

Callegari, Fanghella, Pellicano "Meccanica Applicata alle Macchine"

Altro materiale disponibile su internet o preparato dalla docente sarà fornito o suggerito durante le lezioni

### Modalità d'esame

L'esame è composto da una prova scritta ed una prova orale

- La prova scritta consiste in un esercizio di cinematica dei sistemi, uno di statica dei sistemi, ed uno su elementi di macchine e/o



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

oscillazioni. In aggiunta ci possono essere domande di teoria. La prova dura circa 3 ore, si svolge in una aula normale, lo studente non può consultare materiale, mentre è consentito uso della calcolatrice.

- La prova scritta è superata/non superata se:  
lo studente dimostra di avere chiari i concetti di base della statica e della cinematica e di saperli applicare. Similmente sulle altre parti del compito lo studente deve mostrare di aver acquisito i concetti di base, saperli applicare e saper passare dalla teoria alla parte numerica.
- La prova orale consiste in una discussione del compito, nel chiarimento delle cose non esposte chiaramente o non affrontate. Durante la prova orale potrà essere richiesto al candidato di risolvere anche problemi/esercizi scritti, davanti al docente o separatamente. Generalmente la durata dell'orale è tra i 30 e i 60 minuti.
- La prova orale è superata se l'interrogazione se il candidato mostra di aver acquisito le competenze principali degli argomenti del corso e di saperle applicare.

*Ultimo aggiornamento 25/02/2024 21:35*