



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## FONDAMENTI DI MECCANICA APPLICATA

**ALESSIO ARTONI**

Academic year	2020/21
Course	INGEGNERIA PER IL DESIGN INDUSTRIALE
Code	868II
Credits	9

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
FONDAMENTI DI MECCANICA APPLICATA	ING-IND/13	LEZIONI	90	ALESSIO ARTONI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Al termine del corso lo studente avrà acquisito un insieme di conoscenze e strumenti analitici in merito a cinematica, statica e dinamica di meccanismi (prevalentemente piani), organi per la trasmissione di potenza, contatto con attrito e dispositivi funzionanti per attrito.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La verifica delle conoscenze avverrà mediante valutazione dell'elaborato scritto. La prova orale è obbligatoria, a discrezione del docente, solo nel caso in cui la prova scritta risulti essere al limite della sufficienza.

#### *Capacità*

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- condurre un'analisi cinematica di meccanismi (prevalentemente piani) costituiti da corpi rigidi
- analizzare e risolvere equilibri statici e dinamici/vibratori di meccanismi (prevalentemente piani) costituiti da corpi rigidi, con vincoli per lo più lisci ma anche scabri
- analizzare i principali dispositivi per la trasmissione di potenza (ingranaggi, cinghie, giunti)
- analizzare i principali dispositivi funzionanti per attrito (freni, frizioni)

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Sia durante le lezioni sia in sede di esame finale verranno proposti allo studente esercizi e quesiti che richiedono l'utilizzo delle capacità acquisite.

#### *Comportamenti*

Lo studente potrà acquisire le competenze e la conoscenza di strumenti che sono alla base dell'analisi e della sintesi (progettazione) di sistemi meccanici.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

I comportamenti saranno verificati tramite:

- domande rivolte agli studenti nel corso delle lezioni frontali, per verificare l'acquisizione e il consolidamento dei concetti trattati;
- svolgimento di esercizi in classe;
- elaborato scritto teorico-pratico.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Per seguire il corso in modo proficuo, lo studente dovrebbe:

- saper operare con vettori in componenti cartesiane nel piano e nello spazio;
- avere solide basi di geometria e trigonometria;
- saper risolvere sistemi di equazioni lineari;
- saper valutare derivate ed integrali semplici, doppi e tripli;



## UNIVERSITÀ DI PISA

- saper risolvere semplici equazioni differenziali ordinarie (lineari, fino al 2° ordine);
- saper usare in modo corretto e con sicurezza le grandezze fondamentali del Sistema Internazionale
- avere solide basi di Meccanica Razionale

Durante le lezioni sarà comunque effettuato un breve accenno/ripasso inerente tali argomenti pertanto se ne consiglia la frequenza.

### Indicazioni metodologiche

- lezioni frontali teoriche
- esercitazioni in aula
- ricevimento su appuntamento da concordare con il docente tramite email (alessio.artoni@unipi.it)

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Richiami di Meccanica Razionale: sistemi equivalenti di vettori applicati, trinomio invariante (o invariante scalare), asse centrale, sistema equivalente minimo. Loro controparti cinematiche: trinomio invariante cinematico (o invariante scalare cinematico), asse d'istantanea rotazione e asse di Mozzi.
- Coppie cinematiche, gradi di vincolo, catene cinematiche, meccanismi e loro gradi di libertà.
- Cinematica del corpo rigido e di meccanismi (prevalentemente piani) costituiti da corpi rigidi: leggi di distribuzione delle velocità (formula fondamentale della cinematica) e delle accelerazioni (teorema di Rivals) per il corpo rigido, centro delle velocità, centro d'istantanea rotazione e polari del moto, profili coniugati, centro delle accelerazioni; analisi cinematica di posizione, analisi cinematica differenziale, moti relativi e teoremi di composizione di velocità e accelerazioni, centri delle velocità relativi e teorema di Aronhold-Kennedy. Manovellismo di spinta, quadrilatero articolato e parallelogramma articolato, glifo a croce, glifo oscillante. Meccanismi debolmente/fortemente accoppiati. Formula di Eulero-Savary e circonferenza dei flessi.
- Dinamica: equazioni cardinali della dinamica (Newton-Eulero), forze d'inerzia, masse di sostituzione, equazioni di Lagrange. Dinamica del manovellismo di spinta e compensazione delle forze d'inerzia. Analisi statica/cinetostatica dei meccanismi piani.
- Trasmissione del moto con giunti mobili: giunto di Cardano e doppio giunto di Cardano, giunto di Oldham, giunto Rzeppa (cenni).
- Trasmissione del moto tra assi paralleli mediante ruote dentate cilindriche a denti dritti: superfici primitive e ruote di frizione, generazione per involuppo di denti mediante dentiera a fianchi piani con e senza correzioni di profilo, geometria del dente a evolvente, condizioni di non interferenza e numero minimo di denti, proprietà dell'ingranamento tra i denti. Ruote dentate cilindriche a denti elicoidali. Trasmissione del moto tra assi incidenti e sghembi: generalità, fondamenti di ingranaggi conici e face gears. Rotismi ordinari semplici e composti. Rotismi epicicloidali: formula di Willis, bilanci di coppie e potenze; rotismi differenziali.
- Rendimento meccanico e moto retrogrado. Forze di contatto tra corpi in presenza di attrito: attrito statico e dinamico secondo Coulomb, attrito di rotolamento; attrito nelle coppie cinematiche elementari; ipotesi di Reye/Archard, usura e distribuzione delle pressioni di contatto: pattino piano, frizione a corona circolare (coppia rotoidale di spinta), freno a disco, freno a tamburo (ceppo-puleggia); organi flessibili: freni a nastro e trasmissione del moto mediante cinghie.
- Sistemi (intesi come meccanismi a parametri concentrati) ad un grado di libertà: vibrazioni libere e forzate, isolamento delle vibrazioni. Sistemi a due gradi di libertà: vibrazioni libere e modi propri di vibrare, vibrazioni forzate, oscillazioni torsionali, smorzatore dinamico.

Gli argomenti del corso saranno elencati in dettaglio nel **registro delle lezioni**, che verrà aggiornato regolarmente e costituirà il programma ufficiale del corso.

### Bibliografia e materiale didattico

Testo di riferimento:

1. E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, "Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine - PRIMA PARTE - Fondamenti di Meccanica delle Macchine", Pàtron Editore, Bologna, 2005
2. M. Guiggiani, "[Generazione per involuppo di ruote dentate ad evolvente](#)", SEU

Testi consigliati:

1. E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, "Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine - SECONDA PARTE - Elementi di Meccanica degli Azionamenti", Pàtron Editore, Bologna, 2009
2. E. Funaioli, A. Maggiore, U. Meneghetti, "Lezioni di Meccanica Applicata alle Macchine - TERZA PARTE - Dinamica e Vibrazioni delle Macchine", Pàtron Editore, Bologna, 2011

### Indicazioni per non frequentanti

Non ci sono variazioni per studenti non frequentanti.

### Modalità d'esame

L'esame consta di una prova scritta della durata di 2.5 ore in cui lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di risolvere quantitativamente problemi inerenti gli argomenti trattati nel corso.

Nella prova scritta è richiesto che i risultati siano presentati in forma numerica, pertanto è consentito l'uso di calcolatrici (non programmabili), mentre è assolutamente vietato l'uso di cellulari/tablet. È consentito portare con sé un singolo foglio A4 dove lo studente avrà riportato le formule da lui/lei ritenute più importanti.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Pagina web del corso

<http://www.dimnp.unipi.it/artoni-a/fma.html>

*Ultimo aggiornamento 03/03/2021 10:35*