

Risorse bibliografiche



Risorsa bibliografica obbligatoria



Risorsa bibliografica facoltativa

Scheda Riassuntiva

Anno Accademico	2021/2022		
Scuola	Scuola di Ingegneria Industriale e dell'Informazione		
Insegnamento	096213 - MECCANICA APPLICATA		
Docente	Pennacchi Paolo Emilio Lino Maria		
Cfu	5.00	Tipo insegnamento	Monodisciplinare

Corso di Studi	Codice Piano di Studio preventivamente approvato	Da (compreso)	A (escluso)	Insegnamento
Ing Ind - Inf (1 liv.) (ord. 270) - MI (366) INGEGNERIA FISICA	*	A	ZZZZ	096213 - MECCANICA APPLICATA

Obiettivi dell'insegnamento

Le macchine costituiscono una classe fondamentale di sistemi nell'ambito dell'ingegneria. Il corso si propone di fornire all'allievo le conoscenze basilari per la comprensione del comportamento dei sistemi meccanici, analizzando le forze che in essi agiscono e i moti che ne conseguono.

Nella prima parte del corso, vengono presentati i principali metodi per lo studio della cinematica e della dinamica di un sistema meccanico.

Nella seconda parte, viene trattata l'analisi dei sistemi vibranti lineari a 1 e a 2-N gradi di libertà, per i quali vengono illustrati i metodi di scrittura delle equazioni di moto, la loro risoluzione in termini di moto libero e moto forzato, la trasformazione in coordinate principali e il conseguente calcolo della risposta del sistema mediante sovrapposizione modale.

Oltre che agli aspetti teorico-metodologici, particolare attenzione è riservata agli esempi applicativi relativi ai diversi argomenti trattati nel corso.

Più in dettaglio, gli obiettivi dell'insegnamento riguardano:

- strumenti e metodi per costruire un modello matematico di un sistema meccanico piano atto a rappresentarne il comportamento dal punto di vista cinematico e dinamico;
- conoscenze di base per effettuare l'analisi di fenomeni vibratori nei sistemi meccanici ad un grado di libertà;
- conoscenze di base per effettuare l'analisi di fenomeni vibratori nei sistemi meccanici a più gradi di libertà ed a parametri concentrati;
- strumenti e metodi per effettuare l'analisi modale, nella dinamica di sistemi vibranti a più gradi di libertà.

Risultati di apprendimento attesi

Conoscenza e comprensione

A seguito del superamento dell'esame, lo studente:

- conosce le metodologie ed i principi per descrivere in termini matematici la cinematica e la dinamica di un sistema meccanico in moto piano;
- comprende e conosce le modalità di funzionamento di un sistema meccanico in moto piano;
- conosce gli aspetti di base delle vibrazioni in un sistema meccanico;
- conosce le metodologie per descrivere, in termini matematici, il comportamento dinamico di sistemi vibranti a uno o più gradi di libertà a parametri concentrati;
- apprende le modalità di descrizione e rappresentazione anche mediante metodi grafici del comportamento dei sistemi meccanici;

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

A seguito del superamento dell'esame, lo studente:

- è in grado di effettuare analisi cinematiche e dinamiche di sistemi meccanici semplici nel piano;
- è in grado di comprendere e descrivere il funzionamento di un sistema meccanico dal punto di vista cinematico e dinamico, anche in considerazione dei fenomeni vibratori;
- sa calcolare il movimento e le azioni dinamiche agenti su un sistema meccanico in moto piano generale;
- è in grado di rappresentare il movimento di un sistema meccanico piano anche mediante rappresentazioni grafiche;
- è in grado di affrontare ed analizzare problemi di base nell'ambito delle vibrazioni in un sistema meccanico;
- è in grado di affrontare ed analizzare problemi di analisi modale delle vibrazioni in un sistema meccanico;
- sa comunicare efficacemente i risultati dell'analisi svolta sulla cinematica e sulla dinamica un sistema meccanico;
- sa comunicare efficacemente i risultati dell'analisi delle vibrazioni di un sistema meccanico.

Argomenti trattati

Programma delle lezioni e delle esercitazioni

1. Cinematica

Richiami di cinematica del punto nel piano. Il corpo rigido, vincoli, gradi di libertà, coordinate libere. Classificazione dei moti rigidi. Atto di moto rigido piano. Velocità e accelerazione dei punti di

un corpo rigido. Sistemi di riferimento in moto relativo. Analisi cinematica dei sistemi di corpi rigidi: meccanismi e strutture, catene cinematiche aperte e chiuse, sistemi articolati piani.

2. Statica

Equilibrio del punto materiale. Equilibrio del corpo rigido ed equazioni cardinali della statica, reazioni vincolari. Equilibrio di un sistema di corpi rigidi. Metodologia di risoluzione per sistemi isostatici e ipostatici. Principio dei lavori virtuali.

3. Richiami di geometria delle masse

Centro di massa di un sistema materiale e di un corpo rigido. Momento d'inerzia di massa di un punto materiale, di un sistema materiale e di un corpo rigido.

4. Dinamica

Richiami di dinamica Newtoniana. Dinamica del corpo rigido nel piano: principio di D'Alembert, risultante e momento risultante delle forze d'inerzia, equazioni di equilibrio dinamico. Dinamica dei sistemi di corpi rigidi nel piano. Principio dei lavori virtuali in dinamica. Equazioni di Lagrange. Energia cinetica di un corpo rigido. Forze conservative, forze dissipative viscosse e formulazione alternativa delle Equazioni di Lagrange.

5. Sistemi vibranti lineari a 1 grado di libertà (gdl)

Richiami sul comportamento dinamico di sistemi vibranti lineari a 1 gdl. Vibrazioni libere non smorzate e smorzate. Frequenza propria e fattore di smorzamento. Vibrazioni forzate in caso di eccitazione armonica, periodica, aperiodica. Funzione di risposta in frequenza. Isolamento delle vibrazioni.

6. Sistemi vibranti lineari a 2-N gdl

Utilizzo delle equazioni di Lagrange per la scrittura delle equazioni di moto. Espressione matriciale delle equazioni di moto. Vibrazioni libere non smorzate di sistemi a 2 gdl: frequenze proprie e forme modali. Vibrazioni libere smorzate e risposta a condizioni iniziali assegnate. Vibrazioni forzate di sistemi a 2 gdl. Matrice di risposta in frequenza. Generalizzazione al caso di sistemi vibranti a N gdl.

7. Approccio modale per sistemi vibranti lineari a 2-N gdl

Coordinate principali e diagonalizzazione delle matrici di massa e di rigidità. Analisi del moto libero e forzato in coordinate principali. Calcolo della risposta in frequenza di un sistema 2-N gdl mediante sovrapposizione modale. Cenni di identificazione dei parametri modali.

Prerequisiti

Sono necessarie conoscenze nell'ambito dell'*analisi matematica* e della *geometria*, con particolare riferimento ad operazioni sui numeri complessi, calcolo differenziale e integrale, equazioni differenziali lineari e algebra delle matrici. Sono necessarie le conoscenze della meccanica del punto e del corpo rigido impartite nel corso di *fisica sperimentale*.

Modalità di valutazione

Il corso è articolato su una serie di lezioni e di esercitazioni applicative, connesse agli argomenti delle lezioni, volte a consolidare le conoscenze ed i metodi appresi a lezione, in base anche ad esempi introduttivi per lo svolgimento della prova scritta.

L'esame è composto da una **prova scritta** e un'eventuale **prova orale**.

La prova scritta è formata da tre sezioni:

- La prima sezione consiste in un esercizio, da risolvere numericamente, riguardante la cinematica e la dinamica di un sistema di più corpi rigidi;
- La seconda sezione consiste in un esercizio, da risolvere numericamente, su un problema di vibrazioni meccaniche ad un grado di libertà.
- La terza sezione consiste in due domande teoriche relative agli argomenti trattati dal corso, alle quali va data risposta discorsiva, facendo eventualmente anche uso di equazioni, di dimostrazioni e di rappresentazioni grafiche, quali schemi e diagrammi.

Scopo della prova scritta è di verificare, da un lato, le capacità di applicare le conoscenze dei metodi di analisi cinematica e dinamica a un sistema meccanico e dei metodi di analisi delle vibrazioni meccaniche. Dall'altro, lo scopo è quello di verificare la comprensione dei fenomeni fisici relativi alla cinematica, alla dinamica dei sistemi di corpi rigidi ed alle vibrazioni, sia la loro implementazione matematica (dimostrazione).

L'accesso all'eventuale prova orale è condizionato alla valutazione ottenuta nella prova scritta:

- Nel caso si sia ottenuta una votazione di **18 punti o superiore nella prova scritta**, lo studente può o accettare direttamente il voto o ha la facoltà di sostenere una prova orale.
- Nel caso si siano ottenuti dai **16 ai 17 punti nella prova scritta**, lo studente deve sostenere la prova orale.
- Nel caso che la valutazione della prova scritta sia **inferiore a 10 punti**, l'esame non potrà essere ripetuto nella stessa sessione d'esami.

L'eventuale prova orale deve essere sostenuta nello stesso appello in cui è stata superata la prova scritta.

L'eventuale prova orale consiste nel rispondere a domande, in forma aperta, che vertono su tutti gli argomenti trattati nel corso, corredando la forma discorsiva con equazioni e grafici, in un'esposizione sintetica e completa. In funzione di specifiche esigenze organizzative sarà richiesto di svolgere la prova orale rispondendo alle domande componendo un elaborato scritto, oggetto di discussione con il docente.

Scopo della prova orale è di verificare le conoscenze alla base dello studio dei sistemi meccanici piani, delle vibrazioni meccaniche, e delle applicazioni trattate nel corso, valutando sia la comprensione dei fenomeni fisici sia la loro implementazione matematica (dimostrazione).

Nell'ambito della prova orale si verifica anche la capacità di trasmettere i risultati dell'analisi svolta sia in termini matematici sia con rappresentazioni grafiche.

Bibliografia

 *Nicolo' Bachschmid, Stefano Bruni, Andrea Collina, Bruno Pizzigoni, Ferruccio Resta, Alberto Zasso, Fondamenti di meccanica teorica e applicata 2/e3*, Editore: Mc Graw Hill

Education, Anno edizione: 2015, ISBN: 978-88-386-6886-9

Note: Il libro tratta i punti da 1 a 5 del programma

Clarence W. de Silva, **Vibration Fundamentals and Practice, 2/ed**, Editore: CRC Press, Anno



edizione: 2006, ISBN: 978-1-4398-3331-5

<https://www.taylorfrancis.com/books/9780429103889>

Note: Il libro tratta i punti 5, 6 e 7. Disponibile on-line su www.biblio.polimi.it



S.S. Rao, **Mechanical Vibrations (varie edizioni)**, Editore: Addison-Wesley, Prentice Hall

Note: Il testo tratta i punti 5,6 e 7. E' disponibile in formato cartaceo presso le biblioteche dell'Ateneo


Software utilizzato

Nessun software richiesto

Forme didattiche

Tipo Forma Didattica	Ore di attività svolte in aula (hh:mm)	Ore di studio autonome (hh:mm)
Lezione	34:00	51:00
Esercitazione	16:00	24:00
Laboratorio Informatico	0:00	0:00
Laboratorio Sperimentale	0:00	0:00
Laboratorio Di Progetto	0:00	0:00
Totale	50:00	75:00

Informazioni in lingua inglese a supporto dell'internazionalizzazione

Insegnamento erogato in lingua  Italiano

Disponibilità di libri di testo/bibliografia in lingua inglese

Possibilità di sostenere l'esame in lingua inglese