



ANNO ACCADEMICO: 2019-2020			
INSEGNAMENTO: Metodi Avanzati per la Modellazione di Sistemi Meccanici			
TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ FORMATIVA: Caratterizzante			
DOCENTI: Elena Pierro (6 CFU), Antonio D'Angola (3 CFU)			
e-mail: <a href="mailto:elena.pierro@unibas.it">elena.pierro@unibas.it</a> ; <a href="mailto:antonio.dangola@unibas.it">antonio.dangola@unibas.it</a>		sito web: <a href="http://www2.unibas.it/epierro/MAMSM.html">http://www2.unibas.it/epierro/MAMSM.html</a>	
telefono: 0971 20 5207 Elena Pierro 0971 20 5048 Antonio D'Angola		cell. di servizio: 348 6278998 Elena Pierro 3204371291 Antonio D'Angola	
Lingua di insegnamento: ITALIANO			
n. CFU: 9	n. ore totali: 81 n. ore lezioni in aula: 62 n. ore laboratorio: 19	Sede: POTENZA Scuola: Scuola di Ingegneria CdS: Ingegneria Meccanica	Semestre: I

#### OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO

L'insegnamento è dal carattere fortemente interdisciplinare e si propone di fornire agli studenti gli strumenti teorici, numerici e sperimentali per l'analisi dei sistemi meccanici, con particolare riguardo allo studio del comportamento dinamico e vibratorio delle macchine in regime lineare e non lineare. Sarà illustrato l'approccio matematico e simulativo del metodo numerico-stocastico Monte Carlo. Durante il corso sono previste attività di laboratorio per l'approfondimento di alcuni aspetti sperimentali legati allo studio delle vibrazioni e per lo sviluppo di un progetto numerico.

Le principali conoscenze fornite saranno:

- elementi di base dei sistemi meccanici vibranti, ad uno ed n gradi di libertà;
- conoscenze relative alle vibrazioni di sistemi continui ;
- caratteristiche principali delle metodologie numeriche per lo studio delle vibrazioni meccaniche;
- conoscenze di base della dinamica del veicolo ;
- conoscenze di base per la realizzazione di una analisi modale sperimentale completa;

Le principali abilità (ossia la capacità di applicare le conoscenze acquisite) saranno:

- impostazione dello studio numerico per l'analisi dinamica di un sistema meccanico, con particolare attenzione alla dinamica del veicolo;
- impostazione del set-up, acquisizione dati e post-processing per lo studio delle vibrazioni meccaniche ;

Il corso fornisce agli studenti le capacità di applicare strumenti teorici, numerici e sperimentali per la progettazione ed analisi di sistemi meccanici complessi. L'autonomia di giudizio viene rafforzata, in particolare, attraverso lo sviluppo, con crescente grado di autonomia, di progetti, sperimentazioni, ed applicazioni. Al fine di migliorare le abilità comunicative, l'impostazione didattica prevede applicazioni e verifiche che sollecitano la partecipazione attiva, l'attitudine propositiva e la capacità di comunicazione dei risultati del lavoro svolto. Le capacità di apprendimento vengono stimolate attraverso metodologie didattiche quali l'analisi e risoluzione di problemi differenti e complessi.

#### PREREQUISITI

È necessario avere acquisito e assimilato le seguenti conoscenze fornite dai corsi di "Fisica I", "Fisica Matematica", "Calcolo Numerico" e "Meccanica Applicata alle Macchine":

- concetti elementari di grandezze scalari e vettoriali;
- conoscenze di statica e dinamica del corpo rigido;
- conoscenze di statistica

#### CONTENUTI DEL CORSO

##### INTRODUZIONE ALLA MECCANICA DELLE VIBRAZIONI

Vibrazioni libere. Definizione di moto armonico. Differenti tipologie di smorzamento (proporzionale e non proporzionale). Esempi di misura delle vibrazioni (definizione di decremento logaritmico) e cenni sulla stabilità. (4 ore di lezioni teoriche)



---

---

### **SISTEMI AD UN GRADO DI LIBERTA'**

Soluzione classica delle equazioni differenziali. Analisi dei sistemi meccanici nel dominio del tempo e della frequenza. Trasformata di Fourier e di Laplace. Funzione di Risposta in Frequenza (FRF). Risposta ad un input arbitrario, periodico e aperiodico, ad un input random e impulsivo. (6 ore di lezioni teoriche)

### **SISTEMI A n GRADI DI LIBERTA'**

Definizione di matrici massa, rigidità, smorzamento. Analisi modale, autovalori e autovettori, ortogonalità degli autovettori, disaccoppiamento delle equazioni. Normalizzazione degli autovettori. Sistemi a n gradi di libertà con smorzamento viscoso proporzionale. Equazioni di Lagrange. (6 ore di lezioni teoriche)

### **VIBRAZIONI DEI SISTEMI CONTINUI**

Vibrazioni libere longitudinali di corde e travi: modi e frequenze naturali. Vibrazioni flessionali di travi. (6 ore di lezioni teoriche)

### **ANALISI SPERIMENTALE DELLE VIBRAZIONI**

Classificazione dei segnali, analogici e digitali. Aliasing, leakage e windowing. Trasformata discreta di Fourier (DFT). Catena di misura e suoi componenti. Analisi modale sperimentale (EMA): set-up, acquisizione dati, post-processing. Identificazione di autovalori e autovettori a partire dalle FRF sperimentali. Applicazioni pratiche. (8 ore di lezioni teoriche, 4 ore di laboratorio)

### **DINAMICA DELL'AUTOVEICOLO**

Pneumatico, tipologie, caratteristiche e modelli matematici. Forze scambiate con l'ambiente esterno. Comportamento direzionale dell'autoveicolo. Le resistenze al moto: resistenza al rotolamento, resistenza aerodinamica. Prestazioni in rettilineo: scelta dei rapporti al cambio, velocità e pendenza massima. Moti curvi: sterzata cinematica, modello monotraccia a 3 gdl, studio della stabilità di marcia. Comportamento a regime. Colpo di sterzo. Sospensioni di autoveicolo: classificazione e cinematica. (20 ore di lezioni teoriche)

### **METODI NUMERICI E TECNICHE MONTE CARLO**

Risoluzioni di sistemi di equazioni differenziali lineari e non lineari con l'ausilio del toolbox ODE di MATLAB. Richiami di calcolo delle probabilità e statistica. Valori attesi, varianze, disuguaglianza di Cebicev. Teorema del limite centrale. Metodo Monte Carlo. Generazione di numeri casuali. Calcolo di integrali e soluzione di equazioni integrali. Convergenza statistica del metodo Monte Carlo. Importance sampling, metodi di biasing e accelerazione della convergenza. (12 ore di lezioni teoriche, 15 ore di laboratorio informatico)

---

---

### **METODI DIDATTICI**

Il corso è organizzato nel seguente modo:

- lezioni in aula su tutti gli argomenti del corso (62 ore);
- esercitazioni nel laboratorio inerenti l'analisi modale sperimentale (4 ore).
- esercitazioni di laboratorio per l'approfondimento delle tecniche numeriche (15 ore)

---

---

### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

L'obiettivo della prova d'esame consiste nel verificare il livello di raggiungimento degli obiettivi formativi precedentemente indicati.

L'esame consiste in una prova orale su tutti i contenuti del corso e sulla redazione obbligatoria di un progetto numerico incentrato su problematiche di dinamica del veicolo, da consegnare ai docenti almeno una settimana prima della prova orale.

Il voto finale è dato dalla somma dei punteggi ottenuti dalla valutazione del progetto numerico (2/5 del punteggio totale in trentesimi) e della prova orale (3/5 in trentesimi). Il punteggio minimo per il superamento dell'esame è 18/30 in entrambe le prove. Per accedere alla prova orale è necessario raggiungere la sufficienza alla valutazione del progetto. E' possibile ripetere sia la prova orale che la redazione del progetto. E' possibile ripetere la prova orale

---



---

---

mantenendo la valutazione del progetto.

---

---

#### TESTI DI RIFERIMENTO E DI APPROFONDIMENTO, MATERIALE DIDATTICO ON-LINE

Appunti forniti dai docenti e disponibili su cartella condivisa (accesso tramite iscrizione al corso) ed esercizi disponibili sul sito del corso (<http://www2.unibas.it/epierro/MAMSM.html>).

Testi di riferimento:

- D. J. Ewins, Modal Testing, Theory, Practice, and Application (Mechanical Engineering Research Studies: Engineering Dynamics Series).
- D. J. Inman, Engineering Vibrations, Prentice Hall.
- Meirovitch L.: Fundamentals of vibrations. McGraw-Hill, New York.
- Heylen W., Lammens S., Sas P.: "Modal Analysis Theory and Testing", Katholieke Universiteit Leuven-Departement Werktuigkunde.
- G. Genta, Meccanica dell'autoveicolo, Levrotto & Bella.
- M. Guiggiani, Dinamica del Veicolo, Città Studi Edizioni.
- J. Roberts, P. D. Spanos, Random Vibration and Statistical Linearization, Dover Pub.

---

---

#### METODI E MODALITÀ DI GESTIONE DEI RAPPORTI CON GLI STUDENTI

All'inizio del corso, dopo aver descritto obiettivi, programma e metodi di verifica, i docenti mettono a disposizione degli studenti il materiale didattico (cartella condivisa, sito web, etc). Contestualmente, si raccoglie l'elenco degli studenti che intendono iscriversi al corso, corredato di nome, cognome, matricola ed email, utile per la creazione di un gruppo email studenti per comunicazioni da parte dei docenti.

Orario di ricevimento: il giovedì alle 9.30 presso: piano V stanza 75 (Elena Pierro); il giovedì ore 11.30 presso: piano V stanza 69 (Antonio D'Angola).

Oltre all'orario di ricevimento settimanale, i docenti sono disponibili in ogni momento per un contatto con gli studenti, attraverso la propria e-mail.

---

---

#### DATE DI ESAME PREVISTE<sup>1</sup>

07/02/20, 06/03/20, 17/04/20, 05/06/20, 17/07/20, 18/09/20, 23/10/20, 27/11/20

---

---

SEMINARI DI ESPERTI ESTERNI      SI

---

---

ALTRE INFORMAZIONI

---

<sup>1</sup> Potrebbero subire variazioni: consultare la pagina web del docente o del Dipartimento/Scuola per eventuali aggiornamenti