



<b>Insegnamento</b>	Meccanica delle Vibrazioni
<b>Livello e corso di studio</b>	Laurea magistrale in Ingegneria meccanica
<b>Settore scientifico disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/13
<b>Anno di corso</b>	1
<b>Numero totale di crediti</b>	9
<b>Anno Accademico</b>	2025-2026
<b>Propedeuticità</b>	Non sono previste propedeuticità per questo insegnamento
<b>Docente</b>	Oliviero Giannini Dipartimento: Ingegneria Nickname: giannini.oliviero Email: oliviero.giannini@unicusano.it Orario di ricevimento: Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza <a href="http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica">http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica</a>
<b>Presentazione</b>	L'insegnamento fornisce i concetti ed i metodi per affrontare i problemi di interesse tecnico relativi al comportamento dinamico e vibratorio delle macchine e dei sistemi meccanici e delle strutture. In particolare, vengono trattati la modellazione del comportamento vibratorio dei sistemi meccanici ed i metodi analitici e sperimentali per l'analisi delle vibrazioni. Gli argomenti sono trattati principalmente da un punto di vista teorico senza perdere di vista gli aspetti applicativi grazie anche all'impiego di esercizi numerici. Le Etivity associate al corso sviluppano le competenze necessarie a formulare i problemi della meccanica delle vibrazioni attraverso l'uso di sistemi di calcolo
<b>Obiettivi formativi</b>	Il corso di meccanica delle vibrazioni ha i seguenti obiettivi formativi: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rivedere la dinamica dei sistemi vibranti ad un grado di libertà</li> <li>2. Illustrare la dinamica di sistemi discreti</li> <li>3. Illustrare l'analisi modale ed utilizzarla per la soluzione di problemi forzati</li> <li>4. Illustrare la dinamica e l'analisi modale di sistemi continui monodimensionali</li> <li>5. Illustrare i metodi per la misura delle vibrazioni e il trattamento digitale dei segnali misurati</li> <li>6. Illustrare i metodi per l'identificazione di modelli da prove sperimentali</li> <li>7. Illustrare i metodi per analizzare la risposta di sistemi soggetti a forzanti random</li> </ol>
<b>Prerequisiti</b>	Non sono previste propedeuticità per il corso di Meccanica delle vibrazioni, tuttavia è necessario che lo studente abbia notevole familiarità con i seguenti argomenti: Argomenti di Analisi e Geometria Ottima conoscenza delle funzioni trigonometriche inclusa la loro rappresentazione in termini di esponenziali complessi Algebra lineare familiarità con le serie di Fourier Argomenti di Fisica ottima familiarità con gli argomenti di meccanica trattati nel corso di Fisica
<b>risultati di apprendimento attesi</b>	<b>Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding):</b> Al termine del corso lo studente conoscerà la formulazione matematica di sistemi vibranti sia continui sia discreti. Conoscerà i metodi di misura delle vibrazioni e di identificazione degli stessi. Conoscerà i fondamenti matematici dell'Analisi modale, sia numerica che sperimentale e i fondamenti dell'analisi dei segnali sia analogici sia digitali provenienti da strumenti di misura delle vibrazioni. Infine, lo studente conoscerà la formulazione matematica adatta a trattare forzanti sia deterministiche (armoniche, periodiche, impulsive, etc.) sia random. Inoltre, tramite le

	<p>Etivity gli studenti acquisiranno la capacità di formulare e risolvere i problemi della meccanica delle vibrazioni all'interno del software Octave</p> <p><b>Conoscenze e capacità di comprensione applicate (applying knowledge and understanding):</b>  Al termine del corso lo studente sarà in grado di applicare le competenze acquisite allo studio di problemi legati alle vibrazioni in ambito meccanico: problemi di risonanza strutturale, problemi di risposte a forzanti armoniche, impulsive e random. sarà in grado di scegliere e configurare strumenti di misura delle vibrazioni per la caratterizzazione dinamica di sistemi meccanici. Le Etivity prevedono l'applicazione delle conoscenze teoriche a problemi pratici da risolvere con l'ausilio di software di calcolo (Octave).</p> <p><b>Autonomia di giudizio (making judgements):</b>  Lo studente, al termine del corso avrà acquisito la capacità di identificare le cause e proporre rimedi efficaci a problemi di carattere vibratorio di sistemi meccanici, sarà, inoltre, in grado di scegliere la strumentazione più opportuna per la misura e la caratterizzazione di un sistema meccanico.</p> <p><b>Abilità comunicative (communication skills):</b>  Lo studente, al termine del corso avrà sviluppato un linguaggio scientifico corretto che permetta di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze tecniche acquisite nell'ambito delle vibrazioni di sistemi meccanici e avrà la capacità di visualizzare e presentare il comportamento dinamico di sistemi vibranti attraverso l'uso di codici di calcolo e grafici appropriati.</p> <p><b>Capacità di apprendere (learning skills):</b>  Lo studente, al termine del corso avrà la capacità di applicare le conoscenze acquisite alla risoluzione di problemi non familiari che abbiano come oggetto le vibrazioni di sistemi meccanici. E sarà in grado di proseguire gli studi (master e dottorato) sui temi della meccanica fredda, sia teorici che sperimentali avendo autonomia nella consultazione di testi anche specialistici.</p>
<p><b>Organizzazione dell'insegnamento</b></p>	<p>Il corso è sviluppato attraverso le <b>lezioni preregistrate audio-video</b> che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma.</p> <p>Sono poi proposti dei <b>test di autovalutazione</b>, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuno dei moduli dell'insegnamento.</p> <p>La didattica interattiva è svolta nel forum della "classe virtuale" e comprende 5 Etivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria alla soluzione, tramite codici di calcolo sviluppati in Octave dallo studente, di problemi tipici della meccanica applicata alle macchine.</p> <p>In particolare, il Corso di Meccanica delle vibrazioni prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo insegnamento è compreso tra 220 e 250 ore così suddivise in:  <b>circa 140 ore</b> per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (15 Ore videoregistrate di Teoria e 7 ore di esercitazioni).  <b>Circa 70 ore di Didattica Interattiva</b> per l'elaborazione e la consegna di 5 Etivity  <b>Circa 10 ore di Didattica Interattiva</b> per l'esecuzione dei test di autovalutazione.  Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 10 settimane dedicando tra le 20 alle 30 ore di studio a settimana</p>
<p><b>Contenuti del corso</b></p>	<p><b>Modulo 1 – Vibrazioni di sistemi a un grado di libertà (3 ore di videolezione per un impegno di 21 ore. settimana 1):</b>  Sistemi and un grado di libertà: Moto oscillatorio, Vibrazioni libere e forzate, Oscillazioni libere senza smorzamento, Oscillazioni forzate, Amplificazione dinamica.  Sistemi and un grado di libertà: Energia di un sistema vibrante, Quadrilatero delle forze, Eccitazione del basamento, Isolamento delle vibrazioni.  Sistemi and un grado di libertà: Oscillazioni forzate con eccitazione non armonica, Forza periodica, Forza eccitante arbitraria, Approccio nel dominio del tempo, Integrale di convoluzione.  Sistemi and un grado di libertà: Risposta complessa in frequenza, Relazione tra <math>H(j\omega)</math> e <math>h(t)</math>, Curve di Risposta complessa in frequenza, Smorzamento strutturale.</p> <p><b>Etivity 1</b> – Introduzione ad Octave (10ore di carico di studio - settimana 2)  <b>Etivity 2</b> – Risposta di un sistema ad un grado di libertà (10 ore di carico di studio - settimana 2).</p> <p><b>Modulo 2 - Sistemi a più gradi di libertà (2 ore di videolezione e 2 ore di esercitazione per un impegno di 25 ore. settimana 3).</b>  Sistemi a N gradi di libertà: Generalità, Modi di vibrazione, Equazioni del moto, Vibrazioni libere, Pulsazioni proprie e modi, Vibrazioni forzate.</p>

Sistemi a N gradi di libertà: Analisi Modale in assenza di smorzamento. Risposta di sistemi forzati: con forzante armonica, con forzante arbitraria. Smorzamento viscoso, Piccolo smorzamento, Smorzamento proporzionale, Caso generale, Smorzamento strutturale.

Esercitazione: sistema a due gradi di libertà

Esercitazione: sistema labile a tre gradi di libertà

Esercitazione: Risposta libera di un sistema a due gradi di libertà

**Etivity 3** – Trasformata di Fourier digitale (10 ore di carico di studio - settimana 4)

**Modulo 3 - Vibrazioni longitudinali, torsionali e flessionali in sistemi continui monodimensionali. (2 ore di videolezione e 1 ora di esercitazione per un impegno di 20 ore. settimana 5)**

Sistemi Continui: Generalità, Vibrazioni trasversali libere di una corda, Determinazione delle pulsazioni proprie, Ortogonalità e normalizzazione delle autofunzioni, Condizioni iniziali, Coincidenza tra autofunzioni e modi di vibrazione.

Sistemi Continui: Vibrazioni libere longitudinali, Determinazione delle pulsazioni proprie, Vibrazioni libere torsionali, Determinazione delle pulsazioni proprie.

Sistemi Continui: Vibrazioni libere flessionali, Cenni sulle onde flessionali in travi e piastre, Soluzione per separazione di variabili, Determinazione delle pulsazioni proprie, Ortogonalità e normalizzazione delle autofunzioni, Condizioni iniziali e significato fisico delle autofunzioni. Vibrazioni forzate e Analisi Modale.

Approfondimento: il concetto di modo di vibrazione nei sistemi continui.

Esercitazione: Risposta di una trave flessionale.

**Modulo 4 - Misura sperimentale della dinamica delle strutture (2 ore di videolezione e 1 ora di esercitazione per un impegno di 20 ore settimana 6).**

Analisi Sperimentale: Generalità, Sperimentazione - Prove dinamiche, Determinazione della risposta in frequenza, Misura dei parametri di sistemi 1-dof, Potenza Dissipata, Modulo di H, Parte reale di H, Parte Immaginaria di H, Diagramma di Kennedy-Pancu/Nyquist. Stima dei parametri modali per sistemi a più gradi di libertà, Misura della FRF, Eccitazione stazionaria, Eccitazione quasi stazionaria, Eccitazione aleatoria, Eccitazione transitoria, Impulso, sweep. Identificazione dei modi con il metodo di Kennedy-Panku.

Esercitazione: misura sperimentale della FRF

Esercitazione: misura delle vibrazioni

**Modulo 5 - Analisi del segnale (2 ore di videolezione per un impegno di 14ore settimana 7):**

Analisi dei segnali: Generalità, Classificazione dei segnali, Segnali periodici, Serie di Fourier, Convergenza, Forma complessa, Delta di Dirac, Spettri, Integrali di Fourier. Spettri di ampiezza, fase ed energia, Proprietà della trasformata di Fourier, Considerazioni computazionali, Trasformata discreta di Fourier, Troncamento dei dati.

Analisi dei segnali: Campionamento temporale, Aliasing, Teorema di Shannon, Filtri

**Etivity 4** – Analisi del segnale e Aliasing (15 ore di carico di studio - settimana 7)

**Etivity 5** – Risposta di sistemi ad N gradi di libertà (15 ore di carico di studio - settimana 8)

**Modulo 6 - Processi aleatori (3 ore di videolezione per un impegno di 21 ore settimana 9).**

Processi aleatori: Generalità, Richiami sul calcolo delle probabilità, Caratteristiche di una distribuzione di probabilità.

Processi aleatori: Variabili aleatorie pluridimensionali, Probabilità di un evento marginale, Probabilità di un evento congiunto, Probabilità di un evento totale, Probabilità di un evento condizionato, Momenti di variabili aleatorie pluridimensionali, Alcune importanti distribuzioni di probabilità, Distribuzione binomiale (Bernoulli), Distribuzione di Poisson, Distribuzione normale (Gauss). Caratterizzazione di un processo stocastico, Processo stazionario. Medie di insieme, Processo ergodico. Medie temporali, Correlazione, Descrizione nel dominio del tempo, Funzione di autocorrelazione, Funzione di cross-correlazione, Applicazioni delle funzioni di correlazione. Descrizione nel dominio della frequenza, Densità spettrale e correlazione, Densità spettrale incrociata e Cross-correlazione, Applicazioni delle densità spettrali, La funzione di coerenza.

**Modulo 7 - Vibrazioni Aleatorie (1 ore di videolezione per un impegno di 7 ore settimana 10).**

Vibrazioni Aleatorie: Generalità, Risposta sistema a 1 g.d.l, Risposta ad eccitazione stazionaria, Risposta sistema a 1 g.d.l a rumore bianco, Risposta ad eccitazione della base.

Vibrazioni Aleatorie: Cross-correlazione tra due sistemi, Risposta di sistema ad n g.d.l, Risposta di sistemi continui.

Esercitazioni su compiti d'esame (3 lezioni di esercitazione per un impegno di 15 ore – settimana 10).

<b>Materiali di studio</b>	<p>· MATERIALI DIDATTICI A CURA DEL DOCENTE</p> <p>Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 8 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e ciascuno di essi contiene dispense, slide e videolezioni in cui il docente commenta le slide. Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia.</p>
<b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b>	<p>L'esame consiste nello svolgimento di una <b>prova scritta</b> tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e di una serie di attività (<b>Etivity</b>) svolte durante il corso nelle <b>classi virtuali</b>.</p> <p>La valutazione delle Etivity da 0 a 5 punti, è effettuata in itinere durante la durata del corso. L'esame di profitto è valutato per i restanti da 0 a 25 e può essere effettuato in forma orale o scritta</p> <p>La prova scritta prevede <b>1 domanda di teoria</b> e la soluzione di <b>2 esercizi</b>. Il tema d'esame dettaglia l'articolazione ed il peso di ogni punto della traccia proposta. Sono generalmente assegnati da 0 a 5 punti per la domanda di teoria e da 0 a 10 punti per ciascuno dei due esercizi proposti.</p> <p>I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze acquisite nel corso e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso le Etivity</p>
<b>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</b>	<p>L'assegnazione dell'<b>elaborato finale</b> avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici <b>interessi</b> in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono <b>preclusioni</b> alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una <b>media particolare</b> per poterla richiedere.</p>