



# Università degli Studi di Enna “Kore”

## Facoltà di Ingegneria ed Architettura

Anno Accademico 2017 – 2018

A.A.	Settore Scientifico Disciplinare	CFU	Insegnamento	Ore di aula	Mutuazione			
2017/18	ICAR/08 – <i>Scienza delle Costruzioni</i>	09	<b>Dinamica delle Strutture</b>	72	No			
Classe	Corso di studi		Tipologia di insegnamento	Anno di corso e Periodo	Sede delle lezioni			
LM-23	Laurea Magistrale in Ingegneria Civile		Caratterizzante	I Anno Primo Semestre	Facoltà di Ingegneria ed Architettura			
N° Modulo	Nome Modulo	Tipologia lezioni	Ore	Docente	SSD	Ruolo	Interno	Affidamento
1		Lezioni frontali, esercitazioni	72	Giacomo Navarra, giacono.navarra@unikore.it, 0935-536443, skype: giaconav	ICAR/08	RTD	Si	Istituzionale

### Prerequisiti

L'allievo dovrà avere conoscenze matematiche, con particolare riferimento alle proprietà ed ai metodi solutivi delle equazioni differenziali ordinarie, ai campi vettoriali ed all'algebra matriciale, e di fisica classica con riferimento alla descrizione cinematica del moto ed ai concetti di equilibrio di sistemi di forze. Lo studio approfondito della Fisica, della Meccanica Razionale, della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni costituiscono importanti requisiti per la comprensione del corso.

### Propedeuticità

nessuna

### Obiettivi formativi

Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze di base della Dinamica delle Strutture. Saranno fornite le conoscenze per comprendere il comportamento dinamico di strutture civili il cui comportamento possa essere descritto attraverso un numero discreto di parametri. Vengono affrontati i problemi relativi alla soluzione analitica delle equazioni del moto per casi particolari di forzanti ed alla impostazione di metodi numerici utili per la generalizzazione del problema, con particolare riferimento alla azione sismica. Vengono fornite le basi per la modellazione aleatoria delle forzanti e la



## Università degli Studi di Enna “Kore” Facoltà di Ingegneria e Architettura

determinazione delle statistiche della risposta strutturale.

### Risultati di apprendimento (Descrittori di Dublino):

Alla fine del corso, gli studenti dovranno aver conseguito le seguenti abilità, conoscenze e competenze:

#### **Conoscenza e capacità di comprensione:**

Alla fine del corso gli allievi dovranno essere in grado di comprendere il funzionamento dinamico di un sistema strutturale, e determinarne la risposta cinematica applicando gli strumenti analitici più opportuni.

#### **Conoscenza e capacità di comprensione applicate:**

Gli allievi dovranno essere in grado di utilizzare le nozioni teoriche e le formulazioni analitiche e numeriche proposte per determinare correttamente la risposta cinematica di sistemi strutturali soggetti a forzanti dinamiche.

#### **Autonomia di giudizio:**

Gli allievi dovranno acquisire la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Saranno in grado di utilizzare la terminologia tecnica adatta per esprimere i concetti esposti durante il corso. Inoltre, saranno in grado di esprimere giudizi sulla verifica di elementi strutturali soggetti ad azioni dinamiche. Questo permetterà agli allievi di affrontare il prosieguo del suo corso di studi con maggiore autonomia e discernimento.

#### **Abilità comunicative:**

Gli allievi acquisiranno la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Saranno in grado di utilizzare la terminologia tecnica adatta per esporre in maniera chiara e rigorosa le tematiche disciplinari del comportamento dinamico dei sistemi strutturali.

#### **Capacità di apprendere:**

Gli allievi dovranno avere appreso le informazioni e gli strumenti di base per affrontare la tematica del comportamento dinamico dei sistemi strutturali soggetti ad azioni deterministiche o aleatorie.

### Contenuti e struttura del corso

N.	ARGOMENTO	TIPOLOGIA	DURATA
1	<i>Vibrazioni libere di oscillatori elementari: Sistemi ad un grado di libertà; vibrazioni libere non smorzate; legge oraria del moto dell'oscillatore, pulsazione, frequenza; analisi di un oscillatore armonico non smorzato mediante approccio energetico; Vibrazioni libere di oscillatori smorzati</i>	Frontale	3h
2	<i>Vibrazioni forzate di oscillatori elementari: Equazione di equilibrio dinamico di oscillatori forzati; vibrazioni forzate per forzante sinusoidale, risonanza,coefficiente di magnificazione; Funzioni di risposta</i>	Frontale ed escitazione	9h



**Università degli Studi di Enna “Kore”  
Facoltà di Ingegneria e Architettura**

	<i>al gradino unitario ed all'impulso unitario. Soluzione in termini di variabili di stato; Risposta di un oscillatore sollecitato da una forzante generica, formulazione integrale, formulazione incrementale;</i>		
3	<i><u>Vibrazioni libere di sistemi a più gradi di libertà</u>: Equazioni del moto di sistemi a più gradi di libertà, forma matriciale dell'equazione di equilibrio dinamico; matrici delle masse e delle rigidità e loro proprietà; vibrazioni libere non smorzate, problema agli autovalori e agli auto vettori e loro proprietà; matrice modale e sue proprietà, trasformazione modale, relazioni tra spazio modale e spazio nodale, significato fisico degli autovettori e degli autovalori, modi di vibrare, vibrazioni libere mediante combinazione dei modi di vibrare; modellazioni classiche della matrice di dissipazione; vibrazioni libere di strutture classicamente smorzate</i>	Frontale ed esercitazione	12h
4	<i><u>Vibrazioni forzate di sistemi a più gradi di libertà</u>: Vibrazioni forzate di sistemi a più gradi di libertà classicamente smorzati mediante sovrapposizione modale; Troncamento modale, metodi di correzione modale; metodi alternativi all'analisi modale, metodi di integrazione diretta; soluzione in termini di variabili di stato</i>	Frontale ed esercitazione	9h
5	<i><u>Elementi di teoria delle probabilità e variabili aleatorie</u>: Teoria assiomatica della probabilità, variabili aleatorie discrete e continue, funzione distribuzione cumulativa e funzione densità di probabilità; Operatore media stocastica e momenti di una variabile aleatoria, valore quadratico medio, varianza; funzione caratteristica, trasformata di Fourier, sviluppo in serie di Mc Laurin della funzione caratteristica; Variabile aleatoria bidimensionale, funzione densità di probabilità congiunta, funzione densità di probabilità marginale; estensione alle variabili aleatorie multidimensionali, matrice di covarianza.</i>	Frontale	9h
6	<i><u>Elementi di teoria dei processi aleatori</u>: Processo aleatorio, utilizzo della teoria dell'analisi aleatoria; processo aleatorio gaussiano, densità di probabilità, funzioni di correlazione, processi stazionari, media correlazione e varianza di processi stazionari; funzione densità spettrale di potenza per processi stazionari e sue proprietà; risposta aleatoria stazionaria dell'oscillatore elementare, relazioni di Wiener-Khinchine.</i>	Frontale	9h
7	<i><u>Analisi aleatoria di sistemi dinamici</u>: Sviluppo in serie di Fourier di una funzione periodica e suo spettro. Trasformata troncata di Fourier, significato fisico della densità spettrale di potenza, funzioni densità spettrale di potenza e di correlazione per processi aleatori sinusoidale, ideale a banda stretta, ideale a banda larga, bianco. Dualità tra il dominio dei tempi e quello delle frequenze, funzione di trasferimento; sistema lineare gaussiano ad un grado di libertà, calcolo dei momenti della risposta in campo stazionario, relazione tra funzione densità spettrale della forzante e della risposta. Analisi dinamica</i>	Frontale ed esercitazione	12h



## Università degli Studi di Enna “Kore” Facoltà di Ingegneria e Architettura

*aleatoria per sistemi a più gradi di libertà, matrice densità spettrale di potenza; valutazione dei valori di picco massimo, formula di Davenport, formula di Vanmarcke. Generazione di variabili aleatorie, formula di Shinozuka, metodo Montecarlo.*

- |  |               |    |
|--|---------------|----|
| <b>8</b> <i>Esercitazione progettuale: Descrizione geometrica della struttura, ipotesi di base, analisi dei carichi e scelta dei gradi di libertà, Determinazione delle matrici delle masse e della rigidezza, Calcolo delle pulsazioni, dei modi di vibrare e dei fattori di partecipazione; Valutazione della risposta della struttura nel campo modale e nello spazio fisico, Modalità di valutazione della risposta alternative al metodo dello spettro di risposta.</i> | Esercitazione | 9h |
|--|---------------|----|

### Lavoro di gruppo:

Durante il corso sarà assegnata una esercitazione progettuale inerente la determinazione delle sollecitazioni di natura sismica su una struttura di tipo civile. La esercitazione costituisce parte integrante dell'esame finale di profitto. Gli allievi svilupperanno la esercitazione indicativamente in gruppi da quattro e a ciascun gruppo sarà assegnato di determinare la risposta dinamica di un edificio civile, sviluppando i seguenti punti:

1. Descrizione geometrica della struttura;
2. Ipotesi, analisi dei carichi e scelta dei gradi di libertà;
3. Costruzione della matrice delle masse e della matrice di rigidezza;
4. Soluzione del problema agli autovalori: pulsazioni e modi di vibrare, calcolo dei fattori di partecipazione;
5. Determinazione dello Spettro di risposta elastico;
6. Valutazione degli spostamenti modali delle risposte modali massime;
7. Determinazione degli spostamenti e delle sollecitazioni modali sui telai;
8. Determinazione degli spostamenti e delle sollecitazioni di calcolo sulla struttura utilizzando le regole di combinazione modale;
9. Analisi aleatoria con PSD assegnata;
10. Analisi al passo con set di accelerogrammi naturali assegnati;

All'interno degli appunti del corso e delle slides proiettate durante il corso, entrambi materiali messi a disposizione degli studenti, sono presenti delle apposite sezioni dedicate allo svolgimento della esercitazione progettuale.

### Testi adottati

#### Testi principali:

Giuseppe MUSCOLINO: *Dinamica delle strutture con fondamenti ed applicazioni di ingegneria sismica e dinamica aleatoria*, Pitagora Editrice, 2012, ISBN 88-371-1858-9.

#### Materiale didattico a disposizione degli studenti:



## Università degli Studi di Enna “Kore” Facoltà di Ingegneria e Architettura

Appunti del corso redatti dal docente, slide proiettate durante il corso redatte dal docente

### Testi di approfondimento:

*A. Chopra: Dynamics of Structures, Prentice Hall*

*R.W. Clough, J. Penzien: Dynamics of Structures, McGraw-Hill*

### Modalità di accertamento delle competenze

L'accertamento delle competenze avverrà attraverso una PROVA ORALE della durata indicativa di 30-40 minuti. Il colloquio finale verterà sia sugli aspetti teorici del corso che su quelli più propriamente applicativi. L'esame è volto a verificare le competenze acquisite dall'allievo nell'ambito dei tre macro-temi principali affrontati durante il corso, in accordo con i descrittori di Dublino meglio specificati sopra:

- Dinamica delle strutture ad uno e più gradi di libertà soggette a forzante deterministica;
- Variabili e processi aleatori, dinamica aleatoria delle strutture;
- Esercitazione progettuale assegnata durante il corso;

Il voto sarà dato in trentesimi e l'obiettivo della prova d'esame consiste nel verificare il livello di raggiungimento delle conoscenze, competenze e abilità sui tre temi sopra indicati. Il voto sarà espresso indicativamente secondo il seguente schema di valutazione:

- Ottimo (30- 30 e lode): Ottima conoscenza e comprensione di tutti e tre i temi trattati, sia dal punto di vista teorico che applicativo. Ottima capacità di applicare le conoscenze acquisite per lo studio dei tre temi trattati. Eccellenti capacità espositive.
- Molto buono (26-29): Buona conoscenza e comprensione dei tre temi trattati. Buona capacità di applicare le conoscenze acquisite per lo studio dei tre temi trattati. Ottime capacità espositive.
- Buono (24-25): Buona conoscenza e comprensione dei tre temi trattati. Discreta capacità di applicare le conoscenze acquisite per lo studio per lo studio dei sistemi dinamici trattati. Buone capacità espositive.
- Discreto (21-23): Discreta conoscenza e comprensione del comportamento dinamico di sistemi strutturali in campo deterministico ed aleatorio. Limitata capacità di applicare le conoscenze acquisite nell'ambito dei tre temi trattati.
- Sufficiente (18-20) Conoscenza minima degli argomenti trattati e limitata capacità di applicare le conoscenze acquisite.
- Insufficiente: Manca una conoscenza accettabile degli argomenti trattati e non viene dimostrata una sufficiente capacità di applicare le conoscenze acquisite per lo studio della dinamica delle strutture.



## Università degli Studi di Enna “Kore” Facoltà di Ingegneria e Architettura

### Orari di lezione e date di esame

Gli orari di lezione saranno pubblicati sulla pagina web del corso di laurea almeno due mesi prima dell’inizio delle lezioni:

<http://www.unikore.it/index.php/attivita-didattiche-ingegneria-civile/calendario-lezioni>

Le date di esami saranno pubblicati sulla pagina web del corso di laurea almeno due mesi prima dell’inizio della sessione d’esami:

<http://www.unikore.it/index.php/ingegneria-civile-esami/calendario-esami>

### Modalità e orari di ricevimento

Gli orari di ricevimento saranno pubblicati sulla pagina personale del docente:

<http://www.unikore.it/index.php/ing-civile-persone/docenti/itemlist/category/2318-navarra>

### Note

Nessuna.

