

PROGRAMMA **PREVENTIVO** DEL CORSO DI
MECCANICA delle VIBRAZIONI (LM Ing. MECCANICA)
Anno Accademico **2021-22**

Prof. Giorgio **DALPIAZ** - Tel. 0532 974883 (328 8606250) – giorgio.dalpiaz@unife.it

1) Introduzione alle vibrazioni e alla modellazione dei sistemi meccanici (Vol. III, cap. 7; appunti web 01-02-03-03.1).

Il fenomeno vibratorio; vibrazioni libere e forzate. Effetti delle vibrazioni; scopo dello studio; esempi. Metodi sperimentali e analitico-numeric. Modellazione di sistemi meccanici: sistemi continui, parametri concentrati, elementi finiti, (multi-body).

2) Classificazione dei segnali ed analisi in frequenza (Vol. III, par. 9.1-9.8, appendice A9-4; appunti web 03-04-23-24).

Rappresentazione dei segnali armonici con numeri complessi. Classificazione dei segnali. Segnali periodici, serie di Fourier. Segnali quasi-periodici. Segnali transitori, Trasformata di Fourier e sue proprietà. Trasformata finita di Fourier. Campionamento dei segnali; frequenza di campionamento; quantizzazione; aliasing. Trasformata discreta di Fourier (DFT).

3) Modellazione a parametri concentrati (Vol. III, par. 3.1, 3.3, appendice A3.4; appunti web 03-03.1).

Gradi di libertà e coordinate. Elementi inerziali. Elementi elastici: molle in serie e parallelo; esercizi: sistema di sollevamento (mensola+fune), propeller shaft, carrello ferroviario, gru, sospensione avantreno. Elementi smorzanti; smorzatore viscoso.

4) Vibrazioni di sistemi ad un grado di libertà (Vol. III, cap. 3; appunti web 05-08).

Generalità. Vibrazioni libere; decremento logaritmico. Metodi energetici; metodo di Rayleigh ed applicazioni. Vibrazioni forzate. Funzione di risposta in frequenza; *diagrammi con Matlab*. Eccitazione armonica in risonanza (solo risultato). Risposta ad un'eccitazione generica periodica e aperiodica; funzione di risposta all'impulso; integrale di convoluzione. Eccitazione proporzionale al quadrato della frequenza (rotore con squilibrio statico, macchina alternativa monocilindrica, meccanismo a camma). Isolamento delle vibrazioni (solo risultati): eccitazione della massa, eccitazione della base, trasmissibilità, efficacia della sospensione, cenni agli antivibranti.

5) Vibrazioni di sistemi a due ed a molti gradi di libertà (Vol. III, capp. 4-5; appunti web 05, 09-17).

Matrici massa, rigidezza, smorzamento. Vibrazioni libere di sistemi a due ed a molti gradi di libertà non smorzati. Sistemi con modi rigidi. Esempi. Metodo dei coefficienti di influenza. Metodo delle cedevolezza. Ortogonalità degli autovettori. Normalizzazione degli autovettori. Aspetti energetici; quoziente di Rayleigh; modifiche strutturali (*esercizio*). Matrice modale e disaccoppiamento delle equazioni. Vibrazioni libere di sistemi a due ed a molti gradi di libertà con smorzamento viscoso proporzionale. Significato fisico dello smorzamento viscoso proporzionale. Vibrazioni forzate di sistemi a due ed a molti gradi di libertà (metodo modale). Funzioni di risposta in frequenza e loro proprietà; *diagrammi con Matlab*. Esempio di sistema forzato a 2GDL. Esempio di sistema libero e forzato a 3GDL. *Esercizio*: Vibrazioni torsionali di una trasmissione nautica. Sospensioni degli autoveicoli. *Esercizio*: Analisi modale di un veicolo sulle sospensioni. *Esercizio*: Modellazione dinamica di un ingranaggio.

6) Vibrazioni nei sistemi continui (Vol. III, par. 6.1, 6.5, 7.4; appunti web 31).

Generalità. Vibrazioni flessionali di travi: teoria di Timoshenko e di Eulero; modi e frequenze naturali nei casi di trave appoggiata-appoggiata e trave a mensola; ortogonalità dei modi (solo risultato); FRF (cenno, solo risultato); confronto con i risultati di modelli a parametri concentrati.

7) Misure di vibrazione (Vol. III, par. 3.6 c)-d); 9.1-9.6; 9.8; 9.11; appendici A9-1, A9-2, A9-3, A9-4; cap. 10; appendici A10-1, A10-2, A10-3; appunti web 18-25).

Isolamento delle vibrazioni: eccitazione della base, strumenti sismici. Trasduttori di vibrazioni: vibrometro, accelerometro. L'accelerometro piezoelettrico. Shaker e martello strumentato. Catena di misura e suoi componenti. Analisi modale sperimentale: metodologia e scopi; Funzione Risposta in Frequenza; valutazione della FRF (stime H_1 e H_2); estrazione dei parametri modali. Dimostrazione sperimentale: Analisi modale di una staffa di supporto per la pompa dell'acqua di un motore diesel marino.

8) Dinamica dei rotori (Vol. I, par. 15.1-15.2; 11.2-11.4; appunti web 26-27 e 29-30).

Squilibrio statico e dinamico. Equilibratura dei rotori rigidi: tolleranza di equilibratura e grado di equilibratura. Metodi di equilibratura. Macchina equilibratrice subcritica. *Esercitazione* su macchina equilibratrice. Equilibratura in condizioni di esercizio (in situ); dimostrazione ed *esercitazione* sperimentale.

I capitoli indicati si riferiscono al testo di riferimento di Meneghetti, Maggiore, Funaioli, Vol. III e Vol. I (nuova edizione) e sono trattati in maniera parziale. A complemento, sono resi disponibili appunti in pdf nella cartella 'Materiale didattico' del sito:

http://www.unife.it/ing/lm.meccanica/insegnamenti/meccanica-delle-vibrazioni/materiale-didattico/copy_of_a-a-2016-17-dispense-e-programma

ESERCITAZIONI NUMERICHE

TUTTE LE ESERCITAZIONI SVOLTE SONO PARTE INTEGRANTE DEL PROGRAMMA D'ESAME; i testi e le tracce di soluzione si trovano nella cartella 'Materiale didattico' del sito. Alcune di queste, qui sotto indicate, devono essere svolte in forma scritta (con le modalità indicate di volta in volta) e presentate all'esame come prerequisito per sostenere l'esame.

Eventuali chiarimenti possono essere chiesti, oltre che al docente, anche a:

ing. Battarra 0532 974969, mattia.battarra@unife.it

ing. D'Elia 0532 974911, gianluca.delia@unife.it

Esercitazioni da svolgere in forma scritta:

- FRF 1 gdl - diagrammi (appunti web 6).
- Modifiche strutturali (appunti web 11ter)
- FRF 2 gdl – diagrammi (appunti web 13).
- Sospensioni di un autoveicolo (appunti web 16).
- Modellazione dinamica di un ingranaggio (appunti web 17).
- Vibrazioni torsionali di una trasmissione nautica (appunti web 15).
- Equilibratura in situ (appunti web 27).
- Equilibratura su macchina subcritica (appunti web 29-30).

TESTI CONSIGLIATI

Testo di riferimento:

- Meneghetti, Maggiore, Funaioli, Lezioni di meccanica applicata alle macchine. Terza parte: Dinamica e vibrazioni delle macchine, Pàtron, 2010 [Vol. III].
- Funaioli, Maggiore, Meneghetti, Lezioni di Meccanica applicata alle macchine. Prima parte: Fondamenti di meccanica delle macchine, Patron, Bologna, ISBN 88-555-2829-7, 2005 [Vol. I].

A complemento, sono resi disponibili appunti in pdf nella cartella 'Materiale didattico' del sito.

Altri testi consigliati per la consultazione:

- Rao, *Mechanical Vibrations*, 3rd ed., New York, Addison-Wesley, 1995.
- Thomson W., *Theory of Vibration with Applications*, 4th edition, New York, Chapman & Hall, 1993.

ESAME

Esame scritto/orale sugli argomenti del corso e delle esercitazioni (compresa la parte numerica).

Vengono assegnate 3 domande: due domande sono teorico-metodologiche, prevalentemente finalizzate alla verifica delle conoscenze; la terza domanda è un esercizio numerico, prevalentemente finalizzato alla verifica delle abilità nelle procedure di analisi delle vibrazioni. Le domande vengono svolte in forma scritta e vengono immediatamente corrette e discusse oralmente. Il voto assegnato a ciascuna domanda tiene conto sia dello svolgimento scritto sia della discussione orale. Il voto finale è la media dei voti sulle tre domande. Per superare l'esame è necessario raggiungere un voto finale minimo di 18/30.

Per sostenere l'esame è necessario presentare le esercitazioni da svolgere in forma scritta, che verranno controllate e discusse.