

# SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Fluid Structure interaction and multi-field problems

(Fluid Structure interaction and multi-field problems)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

Docenti:



email:

SSD

CFU

Anno di corso (I, II o III)

Semestre (I o II)

Insegnamenti propedeutici previsti: non sono previste propedeuticità.

## RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

NB I risultati di apprendimento attesi sono quanto lo Studente dovrà conoscere, saper utilizzare ed essere in grado di dimostrare al termine del percorso formativo relativo all'insegnamento in oggetto. Essi devono essere pertanto descritti "per punti" elencando le principali conoscenze e capacità che lo Studente avrà acquisito al termine del corso. Nella descrizione delle conoscenze e delle capacità occorre prestare attenzione ai seguenti aspetti:

a) verificare che i risultati di apprendimento attesi siano coerenti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio riportati in allegato a

b) verificare che vi sia adeguata corrispondenza tra le conoscenze e le capacità e gli argomenti descritti nella sezione relativa al Programma;

c) verificare che i risultati di apprendimento inseriti nella scheda siano corrispondenti con quanto riportato nella Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2. In tale sezione viene delineato un primo quadro dei risultati di apprendimento attesi, suddivisi per gruppi di insegnamenti (attività formative di base, attività formative caratterizzanti, attività formative affini e integrative). Si veda allegato b

d) verificare, soprattutto nel caso di insegnamenti legati da vincoli di propedeuticità, che i risultati di apprendimento attesi in relazione all'insegnamento "che precede" costituiscano i necessari requisiti preliminari per i risultati di apprendimento relativi all'insegnamento "che segue"

### Conoscenza e capacità di comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

Il corso, inquadrato nell'ambito della meccanica strutturale, si prefigge di fornire competenze relative alla dinamica delle strutture e loro interazione con il fluido, alla modellazione di strutture realizzate con materiali innovativi (compositi, sandwich e piezoelettrici) ed alla formulazione di modelli matematici per problemi strutturali che vedono l'accoppiamento tra diversi campi fisici (meccanico, acustico, termico ed elettrico). In particolare, verranno presentati i metodi necessari per la risoluzione dei suddetti problemi multi-campo, tra cui il metodo approssimato degli elementi finiti, i quali potranno essere utilizzati anche in altre discipline caratterizzanti dell'Ingegneria Meccanica.

### Knowledge and ability to understand

The course, framed in the field of structural mechanics, aims to provide skills related to structural dynamics and fluid-structure interaction, modelling of structures made of innovative materials (composite, sandwich and piezoelectric materials) and formulation of mathematical models for structural problems involving different physical fields (mechanical, acoustic, thermal and electric fields). In particular, the course will present the methods to analyze the multi-field problems, among these the numerical method of finite elements, that can be used also in the other disciplines of Mechanical Engineering.

### Capacità di applicare conoscenza e comprensione (max 4 righe, Times New Roman 10)

Si prevede che, grazie alle competenze fornite e sviluppate nel corso, lo studente sia in grado di:

- 1) sviluppare modelli per la simulazione di problemi dinamici nelle strutture tenendo conto eventualmente della loro interazione con il fluido
- 2) risolvere problemi strutturali di tipo termico, elettro-meccanico e vibroacustico tenendo conto dell'accoppiamento tra i diversi campi fisici

### Ability to apply knowledge and understanding

It is expected that, thanks to the skills provided and developed in the course, the student will be able to:

- 1) develop models for the simulation of dynamic problems in structures, taking into account their possible interaction with fluid
- 2) solve structural problems involving thermal, electro-mechanical and vibro-acoustic behaviors, taking into account full coupling between the different physical fields

Eventuali ulteriori risultati di apprendimento attesi, relativamente a:

# SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Fluid Structure interaction and multi-field problems

(Fluid Structure interaction and multi-field problems)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

## Autonomia di giudizio:

Uno degli obiettivi del corso è consentire allo studente di sviluppare la capacità di formulare modelli, basati principalmente sul metodo degli elementi finiti, per la simulazione di problemi multi-campo in cui vengono coinvolti i materiali innovativi, quali i materiali compositi o piezoelettrici.

## Abilità comunicative:

Mediante la prova orale dell'insegnamento, lo studente può misurare la sua capacità di presentare e discutere le caratteristiche dei problemi dinamici e/o multicampo e di distinguere con chiarezza le assunzioni di partenza e i dettagli del comportamento delle strutture in essi coinvolte.

## Capacità di apprendimento:

Durante il corso viene posta enfasi sulla necessità che lo studente sviluppi le sue competenze, sia in grado di formulare un modello per la risoluzione di problemi strutturali con caratteristiche multi-campo e sia capace di cogliere in modo rigoroso la risposta dei sistemi analizzati. Il lavoro personale viene stimolato anche mediante l'assegnazione di esercizi supplementari che possono essere discussi in classe e durante il ricevimento studenti.

## Autonomy of judgment:

One of the objectives of the course is to enable the student to improve the ability to formulate models, mainly based on the finite element method, for the simulation of multi-field problems in which innovative materials are involved, such as composite and piezoelectric materials.

## Communication skills:

Through the oral exam, the student can measure his ability to present and discuss the features of dynamic problems and multi-field problems and to distinguish with clarity the initial assumptions and details about the behavior of the structures involved.

## Learning skills:

During the course, the student is asked to develop the knowledge, be able to formulate models for solving structural problems with multi-field features and be able to rigorously describe the response of the system analyzed. Personal work is also stimulated through the assignment of additional exercises that can be discussed in the class or scheduled between the student and the instructor.

## PROGRAMMA (in italiano, min 10, max 15 righe, Times New Roman 10, raggruppando i contenuti al massimo in 10 argomenti)

**Metodi didattici:** Lezioni ed esercitazioni numeriche in aula.

**1) Dinamica strutturale (2 CFU):** Dinamica dei sistemi discreti. Dinamica dei sistemi continui con particolare riferimento alle travi. Risoluzione tramite metodi analitici. Formulazione del problema dinamico dei corpi deformabili tramite il Principio dei lavori virtuali. Analisi modale: calcolo delle frequenze naturali e forme modali di una struttura. Definizione del lavoro delle forze inerziali. Derivazione delle equazioni di governo in forma debole. Risoluzione tramite metodi approssimati con particolare riferimento al metodo degli elementi finiti. Matrice di rigidezza e matrice delle masse. Risposta dinamica in frequenza. Formulazione del problema dinamico in coordinate modali.

**2) Interazione fluido-struttura e vibroacustica (1,5 CFU):** Equazione d'onda nei fluidi. Modi di propagazione in un fluido. Definizione dell'interazione fluido-struttura: estensione del principio dei lavori virtuali e dell'equazione d'onda. Matrice di accoppiamento fluido-struttura. Equazioni di governo per il problema vibroacustico: accoppiamento debole e forte. Legge di Hooke nei materiali compositi. Modellazione avanzata di materiali compositi e sandwich. Analisi vibroacustica in frequenza di strutture multistrato. Materiali viscoelastici e smorzamento.

**3) Problema termico (1 CFU):** Equazioni costitutive nel problema termomeccanico. Principio dei lavori virtuali esteso al problema termo-meccanico: accoppiamento debole e forte. Definizione del carico termico. Analisi termo-meccanica di strutture in materiale multistrato.

**4) Problema elettro-meccanico (1,5 CFU):** Materiali piezoelettrici. Definizione di campo elettrico e spostamento elettrico. Equazioni costitutive nel problema elettro-meccanico: costanti piezoelettriche e coefficienti dielettrici. Analisi di materiali piezoelettrici in configurazione sensore e attuatore. Analisi di strutture contenenti componenti piezoelettrici.

## CONTENTS (in English, min 10, max 15 lines, Times New Roman 10, )

**1) Structural dynamics (2 ECTS):** Dynamics of discrete systems. Dynamics of continuous bodies with particular reference to beams. Solution by analytical methods. Formulation of dynamic problem in deformable structures via the Principle of virtual displacements. Modal analysis: computation of natural frequencies and modal shapes of structure. Definition of interial work.

# SCHEMA DELL' INSEGNAMENTO DI Fluid Structure interaction and multi-field problems

(Fluid Structure interaction and multi-field problems)

Corso di Laurea Magistrale di Mechanical Engineering

Affine

Magistrale

A.A. 2020/2021

Derivation of governing equations in weak form. Solution by numerical methods with particular reference to finite element method. Stiffness matrix and mass matrix. Dynamic frequency response. Formulation of dynamic problem in modal coordinates.

**2) Fluid-structure interaction and vibro-acoustics (1,5 ECTS):** Wave equation in fluids. Propagation modes in fluids. Definition of fluid-structure interaction: extension of principle of virtual displacements and wave equation. Fluid-structure coupling matrix. Governing equations of vibro-acoustic problem: weak and strong coupling. Hooke's law in composites. Advanced modelling of composite and sandwich materials. Vibro-acoustic analysis of multi-layered structures. Visco-elastic materials and damping.

**3) Thermal problem (1 ECTS):** Constitutive equations for thermos-mechanical problems. Principle of virtual displacements extended to thermos-mechanical problem: weak and strong coupling. Definition of thermal loads. Thermo-mechanical analysis of multi-layered structures.

**4) Electro-mechanical problem (1.5 ECTS):** Piezoelectric materials. Definition of electrical field and electric displacement. Constitutive equations for the electro-mechanical problem: piezoelectric constants and dielectric coefficients. Analysis of piezoelectric materials in sensor and actuator configuration. Analysis of structures embedding piezoelectric components.

## PREREQUISITI

Calcolo vettoriale e matriciale; calcolo differenziale ed integrale; equazioni differenziali ordinarie; meccanica dei corpi deformabili; nozioni di dinamica, termodinamica ed elettromagnetismo.

Vector and matrix calculus; differential and integral calculus; ordinary differential equations; continuum mechanics; notions of dynamics, thermodynamics and electromagnetism.

## MATERIALE DIDATTICO (max 4 righe, Times New Roman 10)

- 1) E. Carrera, M. Cinefra, M. Petrolo and E. Zappino. "Finite element analysis of structures through Unified Formulation". John Wiley & Sons (2014).
- 2) H. J-P Morand R. Ohayon. "Fluid Structure Interaction: applied numerical methods". Wiley (1995).
- 3) Altro material fornito durante il corso.

## MODALITA' DI ESAME

<b>L'esame si articola in prova</b>	<b>Scritta e orale</b>		<b>Solo scritta</b>		<b>Solo orale</b>	<b>X</b>
<b>Discussione di elaborato progettuale</b>						
<b>Altro, specificare</b>						
<b>In caso di prova scritta i quesiti sono (*)</b>	<b>A risposta multipla</b>		<b>A risposta libera</b>		<b>Esercizi numerici</b>	

(\*) E' possibile rispondere a più opzioni

## MODALITA' DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO E REQUISITI MINIMI DI APPRENDIMENTO

L'esame prevede una prova orale che intende verificare le conoscenze dello studente e la comprensione degli argomenti trattati. I requisiti minimi di apprendimento comprendono la capacità di formulare modelli strutturali per problemi multi-campo, analizzarne la dinamica, determinare un modello microscopico approssimato per lo studio di materiali innovativi e comprenderne le proprietà macroscopiche a livello strutturale.

The exam includes an oral examination to verify the student's knowledge and understanding of the topics covered. The minimum learning requirements include the ability to formulate structural models for multi-field problems, analyze its dynamics, determine an approximate microscopic model for the study of innovative materials and understand its macroscopic properties at structural level.

## ALLEGATI

- a) obiettivi formativi specifici del Corso di Studio (Quadr A4.a della Scheda Unica del Corso di Studio)

# **SCHEDA DELL' INSEGNAMENTO DI Fluid Structure interaction and multi-field problems**

(Fluid Structure interaction and multi-field problems)

**Corso di Laurea Magistrale di Mechanical  
Engineering**

**Affine**

**Magistrale**

**A.A. 2020/2021**

- b) risultati di apprendimento attesi per il raggruppamento di insegnamenti di cui fa parte l'insegnamento in oggetto  
(Scheda Unica del CdS, Quadro A4.b.2)**