

Docente responsabile dell'insegnamento/attività formativa

Nome

Cognome

Denominazione insegnamento/attività formativa

Italiano

English

Aree culturali

Informazioni insegnamento/attività formativa

A.A.

L

LM

LM CU

CdS

Codice

Canale

CFU

Lingua

Docente del modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Nome

Cognome

Denominazione modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Italiano

English



Obiettivi formativi e risultati di apprendimento attesi

OBIETTIVI FORMATIVI:

Lo studente sarà in grado di progettare autonomamente e in gruppo **un componente o un sistema meccanico complesso** avvalendosi del metodo degli elementi finiti; sarà in grado di produrre e presentare la documentazione tecnica relativa al progetto; avrà le conoscenze per la **progettazione di componenti in materiale composito**. Sarà in grado di applicare le tecniche apprese in diversi settori della progettazione prodotto con un particolare focus per le applicazioni **aerospazie, automotive e motorsport**.

CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:

Il corso consentirà di inquadrare i metodi avanzati dell'analisi numerica, con particolare enfasi sul metodo degli elementi finiti, negli scenari complessi della progettazione meccanica calati in casi pratici tipici **dell'industria automotive, del motorsport, dell'aerospazie** e dell'energia.

CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:

Lo studente oltre a padroneggiare gli strumenti di calcolo sarà in grado di giudicare come un approccio di modellazione multi-fisico, che richiede competenze acquisite o da acquisire in altri corsi, possa rappresentare efficacemente il **funzionamento di un sistema meccanico** e possa essere alla base della sua **progettazione e ottimizzazione**. L'uso di materiali compositi verrà considerato nello specifico caso **delle applicazioni aeronautiche e del motorsport**.

Italiano

AUTONOMIA DI GIUDIZIO:

Durante il corso lo studente verrà calato in diversi scenari applicativi tipici della progettazione meccanica industriale (fra cui **aerospazie e automotive**) con l'obiettivo di individuare sia le prestazioni che i parametri di progetto e di come gli strumenti più avanzati affrontati nel corso, combinati con i principi di base della progettazione, possano essere usati in modo appropriato e con approccio ingegneristico.

ABILITÀ COMUNICATIVE:

Il corso pone particolare enfasi all'organizzazione del lavoro di gruppo e alla capacità di presentare i risultati dell'attività di progettazione sia mediante documenti tecnici che mediante presentazioni.

CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:

Il corso prevede una forte interazione con aziende interessate ai particolari problemi affrontati nell'esercitazione pratica spaziando in diversi settori industriali con una particolare attenzione ai temi **aerospazie e automotive**. Lo studente avrà modo di apprendere non solo dal docente ma anche interagendo con esperti esterni e calandosi quindi nel linguaggio e nel modo di operare degli ingegneri esperti in settori specifici.



English

LEARNING OUTCOMES:

The student will be able to design on her/his own or acting within a team a **complex mechanical component or system** by means of finite element method; she/he will be able to draft and present the technical deliverables of the project; the mastering of design of structural parts **made of composite material** will be a further skill. The gained advanced design approach will have a special focus on **aerospace, automotive and motorsport applications**.

KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:

This course will allow to have a deep insight about how advanced numerical tools for structural design, with a specific focus on finite element method, can be adopted in practical mechanical design scenario **typical of the automotive industry, motorsport, aerospace** and energy.

APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:

The student will master advanced calculation tools and will gain enough maturity to judge how a multi-physics approach, based on expertise acquired or to acquire, **can represent effectively the working of a mechanical system and can be adopted as a baseline for design and optimization**. A special care will be addressed **to composite material adoption for aeronautical and motorsport applications**.

MAKING JUDGEMENTS:

During this course the student will have the chance to act on different scenario of mechanical design (including **aerospace** and **automotive**) with the aim to identify both the key performance indexes and both the design parameters affecting them. The student will be able to properly combine basic tools and advanced ones toward a sound and engineering approach.

COMMUNICATION SKILLS:

This course addresses the project and team management not only as a theoretical topic but with the practical ongoing activities during the team design of an advanced part/system. Communication skills for properly engage meetings and project presentation will be acquired as well.

LEARNING SKILLS:

The student will interact with external stake holders (industrial and/or academic with a strong presence of the **automotive** and **aerospace** sectors) that will pose to the teams the design challenges to be faced. The student will learn not only according to traditional classroom activities but also by interacting with external experts so that the approach and the language daily adopted in practical industrial environments will become part of her/his background.

Prerequisiti

Italiano

Il corso di Tecnica delle Costruzioni Meccaniche richiede una buona conoscenza di Costruzione di Macchine e dei metodi avanzati per il calcolo strutturale.

Le conoscenze di base sono quelle che lo studente acquisisce nei corsi di Costruzione di Macchine e di Elementi Costruttivi delle Macchine. Le conoscenze più avanzate sul calcolo dei sistemi meccanici sono quelle acquisite nei corsi di Fondamenti Di Progettazione Meccanica e di Calcolo Automatico Dei Sistemi Meccanici.

English

The course of Advanced Structural Mechanics requires a good basic foundation about Machine Design and advanced structural calculation methods.

Basic knowledge are the ones the student gains from the courses of Costruzione di Macchine and Elementi Costruttivi delle Macchine.

Advanced skills are the one acquired in the course of Fondamenti Di Progettazione Meccanica and Calcolo Automatico Dei Sistemi Meccanici.

Programma

Italiano

1 Metodi Avanzati

1.1 Strumenti FEA

Metodo FEM: introduzione al metodo degli elementi finiti; tecniche di pre e post-processing; meshing basato su CAD e semplificazione e defeaturing del CAD, associatività della mesh al CAD; strategie di soluzione; debug e validazione di modelli FEM; tecniche di post-processing: rappresentazione della mappa dei colori e campi vettoriali, deformati, stress locali in corrispondenza di intagli, animazione delle deformati, creazione di grafici, immagini e tabelle.

Verrà dimostrata l'implementazione di un solutore FEA completo in Mathcad utilizzando i formati di file Nastran come input e output (pre/post). Saranno forniti esempi con i solutori FEA Nastran e Ansys. Il software FEA specifico da utilizzare nei singoli progetti cambia in base alle esigenze degli stakeholder.

1.2 Lavorare in team

Saranno introdotte tecniche di base di project management e successivamente adottate durante l'esecuzione del progetto: suddivisione delle attività in working package e task, distribuzione dei compiti tra il team (con ruoli di esecuzione e controllo) per rispettare gli obiettivi e le empistiche di progetto. Interazioni con gli stakeholder (e-mail, incontri web, incontri in presenza). Negoziazione delle specifiche di progetto (con la supervisione degli insegnanti) per armonizzare le richieste degli stakeholder e i CFU del corso.

1.3 Deliverables

Linee guida per la stesura di relazioni tecniche e presentazioni tecniche, erogazione di servizi avanzati di progettazione (condivisione e convalida di modelli FEA, accesso ai documenti applicabili).

1.4 Strumenti avanzati

Strumenti avanzati di programmazione e scripting (Mathcad, Python, Matlab) con un focus speciale su calcoli di progettazione preliminari e manipolazione di risultati FEA complessi.

2 Materiali compositi

2.1 Introduzione ai materiali compositi

Proprietà dei materiali, adozione tipica dei materiali con un focus speciale sull'industria aerospaziale, del motorsport e automobilistica.

2.2 Elasticità e resistenza di una lamina generica

Modello di materiale ortotropo per i casi 2D e 3D. Comportamento elastico di una lamina angolata generica. Trasformazioni di tensioni e deformazioni. Criteri di rottura per una lamina di composito.

2.3 Gusci laminati

Teoria classica della laminazione. Verifiche di un laminato secondo FPF e ULF. Strategie di impilamento dimostrate con un esempio pratico: la progettazione di un serbatoio.

2.4 Strutture in composito

Analisi degli sforzi di una struttura laminata generica utilizzando il solutore FEA Nastran.



English

1 Advanced Methods

1.1 FEA tools

FEM method: introduction to the finite element method; pre and post processing techniques; CAD based meshing and CAD simplification and defeaturing, associativity CAD mesh; solution strategies; debug and validation of FEA models; post processing techniques: representation of color map and vector fields, deformed shapes, local stress at notches, animation of deformed shapes, creation of graph, images and tables.

The implementation of a complete FEA solver in Mathcad will be demonstrated using as input and output (pre/post) Nastran file formats. Examples will be provided with Nastran and Ansys FEA solver. The specific FEA software to be used in the individual projects changes according to the stakeholder needs.

1.2 Working as a team

Basic project managements techniques will be introduced and then adopted during the project execution: breakdown of the activities in Working Packages and Tasks, distribution of the tasks across the team (with execution and control roles) to match the goals and the time line. Interactions with the stake holders (email, web meetings, on site meetings). Negotiation of project specs (with the supervision of the teachers) to harmonize stakeholders desiderata and course CFUs.

1.3 Project deliverable

Guidelines to draft technical reports and technical presentations, delivering of advanced design services (FEA model sharing and validation, access to applicable documents).

1.4 Advanced tools

Advanced coding and scripting tools (Mathcad, Python, Matlab) with a special focus on preliminary design calculations and manipulation of complex FEA results.

2 Composite materials

2.1 Introduction to composite materials

Material properties, typical material adoption with a special focus on the aerospace, motorsport and automotive industry.

2.2 Elasticity and strength of a generic lamina

Orthotropic material model for 2D and 3D. Elastic behavior of a generic angled lamina. Stress and strain transformations. Failure criteria for a composite lamina.

2.3 Laminate shells

Classical Laminated Plate Theory. FPF and ULF laminate verifications. Lay-up strategies demonstrated by a practical example: the design of a tank.

2.4 Composite structures

Stress analysis of a generic shaped laminated structures using the FEA solver Nastran.

Modalità di valutazione

- Prova scritta
- Prova orale
- Valutazione in itinere
- Valutazione di progetto
- Valutazione di tirocinio
- Prova pratica
- Prova di laboratorio

Descrizione delle modalità e dei criteri di verifica dell'apprendimento

Italiano

Gli studenti vengono valutati sia per le attività di gruppo (progetti formativi sull'uso degli strumenti di calcolo, progetto finale) sia mediante una prova scritta.

I progetti formativi vengono valutati sulla base di una relazione tecnica, il progetto finale sulla base della relazione tecnica e della presentazione finale. La prova scritta prevede un esercizio pratico relativo al dimensionamento di strutture in materiale composito e cinque quesiti aperti sugli argomenti del corso il primo dei quali è relativo ad uno scenario di progettazione che non sia stato affrontato durante il corso.

Nella formulazione del voto finale in trentesimi, il progetto finale pesa al 50% e la prova scritta al 50%.

La prova di esame valuta, la preparazione complessiva dello studente, la capacità di integrazione delle conoscenze delle diverse parti del programma, la consequenzialità del ragionamento, la capacità analitica e la autonomia di giudizio. Inoltre vengono valutate la proprietà di linguaggio e la chiarezza espositiva, in aderenza con i descrittori di Dublino (1. Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding); 2. Capacità di applicare la conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding); 3. Autonomia di giudizio (making judgements); 4. Capacità di apprendimento (learning skills); 5: Abilità di comunicazione (communication skills)).

Il voto finale si otterrà attraverso il seguente sistema di graduazione:

Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuranze nella conoscenza e



English

The students are evaluated both on team activities (exercises about calculation tools, final project) and both by means of a written exam. Exercises are evaluated on the basis of a technical report, final project on the basis of the final report and the final presentation. The written exam is comprised of a practical exercise about composite structures design and five open question about course topics, with the first one about a design scenario not covered in the final projects. In calculating the final score out of thirty, the final projects accounts for 50%, and the written test for the other 50%. The exam evaluates the overall preparation of the student, the ability to integrate the knowledge of the different parts of the program, the consequentiality of the reasoning, the analytical ability and the autonomy of judgment. Furthermore, language properties and clarity of presentation are assessed, in compliance with the Dublin descriptors (1. Knowledge and understanding; 2. Ability to apply knowledge and understanding; 3. Making judgments; 4. Learning skills; 5: Communication skills). The final vote of the exam is expressed out of thirty and will be obtained through the following graduation system:
Not pass: important deficiencies and / or inaccuracies in the knowledge and understanding of the topics; limited capacity for analysis and synthesis, frequent generalizations and limited critical and judgment skills, the arguments are presented in an inconsistent way and with inappropriate language,
18-20: just sufficient knowledge and understanding of the topics with possible generalizations and imperfections; sufficient capacity for analysis, synthesis and autonomy of judgment the topics are frequently exposed in an

Testi adottati

Italiano

Dispense presenti nel canale Teams del corso. Engineering Mechanics of Composite Materials, 2nd edition, Isaac M. Daniel, Ori Ishai, Oxford University Press, ISBN 019515097X.

English

Notes on the Teams Channel of the course. Engineering Mechanics of Composite Materials, 2nd edition, Isaac M. Daniel, Ori Ishai, Oxford University Press, ISBN 019515097X.

Bibliografia di riferimento

Italiano/ English	<p>ITALIANO</p> <p>Manualistica di riferimento del solutore FEM Nastran e in particolare i due libri: MSC/NASTRAN linear static analysis: User's guide by John Caffrey (Author) MSC/NASTRAN basic dynamic analysis User's guide: Version 68 by Ken Blakey (Author)</p> <p>Articoli tecnici/scientifici e normativa di riferimento selezionata in base ai progetti assegnati.</p> <p>ENGLISH</p> <p>User Guides and Manuals of the FEM solver Nastran and the two books: MSC/NASTRAN linear static analysis: User's guide by John Caffrey (Author) MSC/NASTRAN basic dynamic analysis User's guide: Version 68 by Ken Blakey (Author)</p> <p>Technical and scientific papers and international standards to be selects on the basis of assigned final project topics.</p>
----------------------	--

Modalità di svolgimento

- Modalità in presenza
- Modalità a distanza

Descrizione della modalità di svolgimento e metodi didattici adottati

Italiano	<p>Il corso si articola in lezioni frontali e lezioni di laboratorio. Durante le lezioni frontali svolte dal docente alla lavagna vengono presentati gli argomenti del corso (prima parte sui metodi di progettazione, seconda parte sui materiali compositi). Le lezioni di laboratorio mirano all'uso pratico degli strumenti di calcolo (sia il FEM che fogli di calcolo automatici) e vengono svolte dal docente usando il laptop e il proiettore. Durante la prima parte del corso il laboratorio è comune per tutti gli studenti che possono lavorare sia in gruppo che individualmente. Durante la seconda parte gli studenti lavorano in tema al progetto finale, ogni team su un progetto specifico; durante le lezioni di laboratorio tutti gli studenti partecipano al supporto e alla discussione dei problemi specifici di ogni singolo gruppo.</p>
----------	--



English

The course consists of classroom lessons and practical hands on. The classroom lessons cover the two parts of the course (Advanced structural design tools, Composite Materials). The hands on lessons are usually given with a laptop and a projector.
During the first part of the course hands-on the practical activity can be done individually or as a team, during the second part each team will work at its own project but during the hands-on sessions all the students will engage to contribute on all the projects.

Modalità di frequenza

- Frequenza facoltativa
- Frequenza obbligatoria

Descrizione della modalità di frequenza

Italiano

I crediti formativi vengono acquisiti dagli studenti sia durante le ore di lezione frontale e di laboratorio con il docente sia nello studio di gruppo mirato al completamento delle attività di progetto.

English

Credits are gained both on classroom and hands on hours and both during the individual/team activities.