



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AERODINAMICA DEI VELIVOLI

SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: II

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di Aerodinamica.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha come obiettivo quello di completare la preparazione degli allievi nel campo dell'aerodinamica applicata e di fornirgli i metodi per la risoluzione di problemi aerodinamici.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dell'aerodinamica applicata, dei relativi metodi di calcolo e della loro formulazione teorica.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di applicare i concetti, acquisiti nell'ambito dello studio dei vari fenomeni aerodinamici e dei relativi metodi di calcolo, per l'analisi dell'aerodinamica dei velivoli.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[2.5 CFU] Strato limite: Aspetti fisici, Teoria dello strato limite, Metodi per la risoluzione dello strato limite laminare e turbolento, Lastra piana e casi semplificati, Stabilità, Transizione e Turbolenza dello strato limite.

[1 CFU] Resistenza aerodinamica: Aspetti fisici, Decomposizione fisica dei contributi diretti e indiretti alla resistenza aerodinamica, Metodi per la determinazione della resistenza aerodinamica in casi semplificati, Corpi tozzi, Effetti della rugosità e modifica dello strato limite turbolento, Metodi per la stima dell'incremento della resistenza aerodinamica dovuta alla presenza di rugosità.

[1.5 CFU] Profili Alari: Generazione della portanza, Richiamo della teoria non viscosa linearizzata, Resistenza del profilo alare, Massima portanza del profilo alare e fenomeno della separazione, Profili alari con flusso laminare, Profili alari a basso numero di Reynolds, Profili alari in regime transonico, Effetto suolo, Cenni di progettazione del profilo alare.

[2.5 CFU] Ali: Caratteristiche generali del campo di moto e di pressione in prossimità dell'ala, Distribuzione del carico alare, Metodi per la determinazione del carico alare, Effetto suolo, Resistenza indotta, Dispositivi di estremità alare, Caratteristiche generali del campo di moto e di pressione lontani dall'ala, Ala a freccia.

[1.5 CFU] Aerodinamica applicata: Teoria dei piccoli disturbi per l'ala 3D, Teoria dell'ala a delta, Metodi numerici a pannelli, Teoria della superficie portante, Metodi numerici a reticolo di vortici.

MATERIALE DIDATTICO

McLean – Understanding Aerodynamics, Wiley

Anderson – Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill



Katz & Plotkin – Low Speed Aerodynamics, McGraw-Hill
Pope – Basic Wing and Airfoil Theory, McGraw-Hill
Bertin & Cummings – Aerodynamics for Engineers, Pearson
Schlichting – Boundary-Layer Theory, McGraw-Hill

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni ed esercitazioni numeriche in aula.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
AERODINAMICA DELL'ALA ROTANTE
SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Lo scopo del corso è l'introduzione all'aerodinamica dell'ala rotante e in particolare allo studio di eliche, rotori ed aeromotori (turbine eoliche). Sono curati sia gli aspetti teorici che tecnici, che portano lo studente all'esperienza diretta della progettazione.

Il corso prevede lo svolgimento di esercitazioni che richiedono l'utilizzo di software open source, tavole elettroniche (Excel), programmi in MatLab e l'utilizzo del software commerciale ANSYS-Fluent versione pubblica per studenti.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza delle metodologie di modellazione dell'aerodinamica di eliche, rotori e aeromotori.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di progettare e valutare la performance aerodinamica di eliche, rotori e aeromotori con l'ausilio di opportuni software commerciali o open source.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[2 CFU] Aerodinamica instazionaria. Equazioni di Navier-Stokes in riferimento non inerziale. Frequenza ridotta. Flusso non dissipativo incomprimibile. Teorema di Bernoulli in regime instazionario. Il profilo sottile. Formula di Karman & Sears. Il caso di oscillazioni periodiche, teoria di Theodorsen. Regime quasi stazionario.

[2 CFU] Aerodinamica dell'elica. Il modello di disco attuatore. Teoria impulsiva semplice e generale. Induzioni assiali e rotazionali ottime. Il sistema vorticoso dell'elica. Teoria generale dell'elemento di pala. Una condizione di ottimo approssimato. Effetto del numero finito di pale. Progetto dell'elica. Eliche intubate. Teoria impulsiva in regime comprimibile. Un modello numerico di disco attuatore in regime comprimibile.

[1 CFU] Aerodinamica del rotore. Teoria impulsiva per il rotore in hovering. Teoria dell'elemento di pala per il rotore in hovering.

[1 CFU] Rotore ideale e ottimo. Il rotore reale. Cifra di merito. Autorotazione. Curve di funzionamento in salita e discesa assiale. Effetto suolo in hovering. Teoria impulsiva in volo traslato. Curve di funzionamento. Potenza parassita in volo traslato.

[1 CFU] Stima della potenza necessaria. Necessità del rotore articolato. Passo ciclico e collettivo. Dinamica della pala. Coefficienti di flappeggio. Velocità effettive e forze aerodinamiche. Potenza in volo traslato. Calcolo dei coefficienti di flappeggio. Cenni sulle configurazioni elicotteristiche. Prestazioni dell'elicottero.



[2 CFU] Aerodinamica degli aeromotori. Caratteristiche delle turbine. Limite di Betz. Coppia e potenza ottime per un aeromotore ad asse orizzontale. Geometria della pala. I profili delle pale. Curve caratteristiche e prestazioni delle turbine. Concentratori di vento. Alette di estremità. Aeromotori ad asse verticale. Turbine ad azione differenziale. Turbine tipo Darreius.

MATERIALE DIDATTICO

Lezioni di Aerodinamica dell'ala rotante di Renato Tognaccini, disponibili online.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni; esercitazioni che richiedono l'uso sia di calcolatrici tascabili che di personal computers. Seminari.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Lo studente svilupperà dei progetti al calcolatore come esercizi numerici.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AERODINAMICA IPERSONICA

SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO (I, II, III): II

SEMESTRE (I, II): I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Buona conoscenza dei principi fisici dell'Aerodinamica.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire una panoramica sui fenomeni fisici e sui modelli matematici tipici dell'aerodinamica ipersonica, utilizzati principalmente nei flussi ad alta entalpia associati al rientro, con lo scopo di approfondire le conoscenze dello studente sulla aerodinamica e sulle tecnologie spaziali. Gli obiettivi principali sono: introdurre le problematiche dei regimi di moto ipersonici di veicoli spaziali e analizzare i principi fisici dell'aerodinamica degli alti numeri di Mach; introdurre e studiare l'evoluzione dei gas in presenza di reazioni chimiche (gas reagenti); generalizzare le equazioni di Navier-Stokes e la teoria dello strato limite; introdurre la dinamica dei gas rarefatti.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

A partire dalle nozioni apprese riguardanti l'aerodinamica, lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere i fondamenti teorici tipici della fisica dei flussi ad alta entalpia e le problematiche relative al rientro. Il percorso formativo intende fornire le conoscenze e gli strumenti metodologici di base necessari per analizzare problemi tipici legati alla dinamica del rientro atmosferico. Tali strumenti consentiranno agli studenti di comprendere ed analizzare le principali relazioni che sussistono tra il volo di un velivolo spaziale in fase di rientro, e problematiche quali il riscaldamento aerodinamico e le decelerazioni subite dal velivolo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici e operativi necessari ad applicare concretamente le conoscenze nell'ambito del volo ad elevati numeri di Mach. Al termine del corso lo studente deve dimostrare di aver acquisito la capacità di applicare le conoscenze apprese per analizzare in modo quantitativo problemi relativamente semplici di rientro atmosferico.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Fondamenti del volo ipersonico e flussi ipersonici. Problematiche dei flussi ad alta entalpia.

[1 CFU] Riscaldamento aerodinamico e aerotermochimica. Aerotermodinamica dei veicoli spaziali: capsule di rientro e corpi portanti. Parametro balistico, effetti sul carico aerodinamico e sul trasferimento del calore.

[0.5 CFU] Onde d'urto ed onde di espansione nel limite ipersonico. Calcolo dell'angolo d'urto. Strato entropico.

[0.5 CFU] Metodi approssimati: teoria Newtoniana, metodo del cono tangente, teoria urto-espansione.

[1 CFU] Flussi ipersonici non viscosi. Metodo delle caratteristiche. Campo di moto attorno al cono: equazioni di Taylor-Maccoll, altri metodi.

[0.5 CFU] Teoria dei piccoli disturbi e principio di equivalenza di Hayes.

[1 CFU] Modellistica aerotermochimica. Modelli di Lighthill e di Monti-Napolitano. Zona di rilassamento chimico a valle di un'onda d'urto.



[1 CFU] Flussi ipersonici viscosi. Equazioni del moto per gas reagenti.

[1 CFU] Strato limite ipersonico. Interazione viscosa.

[1 CFU] Teoria di Maxwell e regime di molecole libere. Regimi di transizione.

[0.5 CFU] Gallerie aerodinamiche ipersoniche. Cenni sui sistemi di protezione termica.

MATERIALE DIDATTICO

1) *Elementi di aerodinamica ipersonica*, Monti & Zuppari, Liguori Editore.

2) *Hypersonic and High-Temperature Gas Dynamics* di John D., Jr. Anderson, Second Edition (AIAA Education)

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il docente utilizzerà: a) lezioni frontali per il 60% delle ore totali, b) esercitazioni per approfondire praticamente aspetti teorici per il 38% delle ore totali, c) laboratorio per approfondire le conoscenze applicate per il 2% delle ore totali.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) **Modalità di esame:**

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) **Modalità di valutazione:**



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AEROELASTICITA'

SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo del corso è introdurre lo studente ai problemi dell'interazione di aerodinamica, inerzia e forze elastiche per una struttura flessibile e ai fenomeni che possono derivarne. Il corso sarà basato sulla conoscenza del metodo degli elementi finiti e dell'aerodinamica delle superfici portanti ed affronterà i metodi dell'aeroelasticità sia dal punto di vista numerico che sperimentale. Verrà discussa la capacità di impostare una prova di vibrazione al suolo di velivoli subsonici e di utilizzare metodi di identificazione numerica per calcolarne i parametri modali. L'approccio aeroelastico rappresenterà inoltre la base per la progettazione e l'ottimizzazione multidisciplinare di strutture flessibili.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà apprendere i fenomeni aerolastici di base e le formulazioni per rappresentarli nell'ambito di una progettazione multidisciplinare dei velivoli.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di modellare una superficie portante flessibile sotto carichi aerodinamici instazionari e di determinare l'assenza di condizioni critiche di instabilità aeroelastica. Lo studente sarà in grado di effettuare queste verifiche con metodologie numeriche e sperimentali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Dinamica strutturale di sistemi a singolo e multipli gradi di libertà. Vibrazioni di sistemi continui.

[1 CFU] Aeroelasticità statica. Distribuzione del carico aerodinamico su superficie flessibile, divergenza ed inversione dei comandi.

[1 CFU] Analisi modale sperimentale. Prove di vibrazioni al suolo. Misura e identificazione dei parametri modali. La frequenza ridotta. La sezione aeroelastica tipica. Aeroelasticità dinamica. Le forze aerodinamiche instazionarie. Il metodo delle doppiette.

[1 CFU] Introduzione all'aerodinamica instazionaria. Il fenomeno del flutter. Il flutter calcolato per un profilo aerodinamico. Il calcolo numerico della velocità di flutter. Il comportamento aeroelastico delle superfici mobili. Il metodo V-g ed il metodo p-k.

[1 CFU] Effetti delle non-linearità strutturali. Il buffeting. Il comportamento alla raffica delle superfici elastiche, nel dominio del temo e nel dominio delle frequenze. Le manovre al suolo. Le prove di volo di flutter. Modelli aeroelastici per prove alla galleria aerodinamica.



[1 CFU] *L'aeroelasticità di strutture civili. I fenomeni aeroelastici delle strutture rotanti.*

MATERIALE DIDATTICO

Appunti delle lezioni

Bisplinghoff R. L., Ashley H., Halfman R. L., Aeroelasticity, Dover Publications, 1996.

Wright J. R., Cooper J. E., Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, John Wiley & Sons, Ltd. 2007.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali, esercitazioni guidate all'uso di programmi agli elementi finiti

Scrittura di codici di calcolo con il linguaggio Matlab per la soluzione di semplici problemi di aeroelasticità statica e dinamica.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) **Modalità di esame:**

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) **Modalità di valutazione:**

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Lo studente può preparare una tesina da discutere in sede di esame. Questa attività è facoltativa.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AEROSPACE DESIGN PROJECT

SSD ING-IND/04 – 05 - 06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: PRIMO E SECONDO

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

This course takes its motivation from the strong interest and growing need of the industrial world in a multidisciplinary approach to engineering problems and design. To answer these requests, this course is aimed to contribute to some specific learning outcomes. The class will be subdivided in group of students. Each group will autonomously select a specific project to be completed by the end of the course. Each student is forced to acquire ability in working in a team environment, improving his/her project management and communication skills, to identify, formulate, and solve engineering problems, to explore and propose solutions, to design a system, or a component, or a process to meet requirements and specifications, managing engineering standards. The students will also learn how to communicate effectively in oral and written form.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should get the team-working, the project management and communication skills.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students should be able to analyze and to propose the related engineering solutions for an aerospace project paying attention to multidisciplinary objects and requirements as well as design constraints.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[9 CFU] This course provides an opportunity to tackle with complex aerospace system, in a team environment, designing tasks and simulating real working situations, aiming to propose credible and reliable conceptual design solutions. The course is primarily project-based. Student design teams may propose their own project providing a sustainable team working organization. A design brief for an aerospace system is provided, to be used to generate a set of project requirements and specifications to be complied. The student team is asked to provide, to evaluate and to select suitable design concepts to meet the project requirements according to the requested specifications.

MATERIALE DIDATTICO

Course slides and lecture notes.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures, tutorials, Seminars with field experts.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the evaluation of the project developed by the student (in team-working) and according to the successive discussion during the oral exam. The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
AEROSPACE REMOTE SENSING SYSTEMS
SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

This course is intended to provide a basic knowledge of scientific and engineering problems related to the aerospace systems for earth observation, with particular reference to airborne and spaceborne high resolution sensors, both in the electro-optical and microwave region of the electromagnetic spectrum, and to space remote sensing mission analysis and design.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic concepts of earth observation by systems based on aerospace remote sensors.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students should learn the drivers for designing aerospace remote sensing systems with reference to the common engineering problems associated with earth observation.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[2 CFU] Basics of physics of remote sensing. Basics of atmospheric effects on radiation propagation and atmospheric windows. Basics on spectral properties and spectral signatures of natural and man-made targets. Impact on spectral band selection of remote sensors. Examples.

[2 CFU] Passive electro-optical systems, basics of radiometry and optics, telescopes, detectors. Amplitude and Phase Modulation Transfer Functions and geo-radiometric resolution. Multispectral and hyperspectral systems. Data acquisition and basics of digital processing. Radiometric Calibration, Geometric Calibration, Image Registration and Georeferencing.

[2 CFU] Active microwave systems, pulse, Doppler and chirp radar, side-looking radar. Basics on antenna pattern and radar equation for point and extended targets. Synthetic aperture radar (SAR), geometrical issues and range and azimuth resolutions, range-Doppler analogy, Pulse Repetition Frequency, ambiguity. Basics on chirp compression and SAR processing.

[1 CFU] Interferometric and multistatic systems, basics of interferometric processing. Examples of possible solutions and system design.

[2 CFU] Mission analysis of space remote sensing systems, sunsynchronous orbits, repetition factor and coverage patterns, pointing maneuvers, factors affecting orbit and pointing design. Constellations. Examples. Elements on Ground Stations.



MATERIALE DIDATTICO

- T. M. Lillesand et al., "Remote Sensing and Image Interpretation", J. Wiley & Sons, 2004.
A. V. Oppenheim et al., "Signals and Systems", Prentice Hall, 1997.
F. T. Ulaby et al., "Microwave Remote Sensing Active and Passive", Addison-Wesley, 1981.
A. Moccia, "Synthetic Aperture Radar", Encyclopedia of Aerospace Engineering, J. Wiley & Sons, 2012.
K.I. Duck et al. "Orbital Mechanics for Remote Sensing", in Manual of Remote Sensing, American Society of Photogrammetry, Virginia, Vol. 1, 1983.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures and exercises.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the written exam and according to the successive discussion during the oral exam.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AFFIDABILITÀ E RISCHIO IN INGEGNERIA AEROSPAZIALE

SSD SECS-S/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: II

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica e statistica.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'obiettivo del corso è fornire agli studenti concetti, metodologie e strumenti utili a sviluppare analisi di affidabilità e manutenibilità di componenti e sistemi complessi, nonché alla valutazione dei rischi, anche economici, connessi al loro uso, alla loro gestione e alla loro progettazione.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Al superamento del modulo si attende che lo studente abbia acquisito la capacità di affrontare le seguenti problematiche: valutare l'affidabilità di unità e sistemi tecnologici; scegliere politiche di manutenzione.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al superamento del modulo si attende che lo studente abbia acquisito la capacità di affrontare le seguenti problematiche: effettuare verifiche di affidabilità e collaudi di durata; valutare i rischi; valutare il costo per ciclo di vita di unità tecnologiche.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1,5 CFU] Affidabilità delle unità non riparabili

Definizione di affidabilità. Variabile aleatoria tempo al guasto. Funzione affidabilità, funzione inaffidabilità, funzione densità di probabilità di guasto e tasso di rischio. Affidabilità di dispositivi usati. Vita media e funzione vita media residua. Modelli di affidabilità: Esponenziale, Weibull, Lognormale Normale e Gamma. Popolazione mista. Modello dei guasti concorrenti. Modello sollecitazione resistenza. Trasformazione di variabili aleatorie. Statistiche ordinate. Detta method. Calcolo dell'affidabilità di sistemi complessi non riparabili. Schemi a blocchi di affidabilità e loro risoluzione. Sistemi serie, parallelo, stand-by, parallelo parziale e parallelo a carico ripartito. Schemi non riducibili: metodo della probabilità condizionata e metodo dell'albero dei guasti. Ripartizione dell'affidabilità.

[1,5 CFU] Affidabilità delle unità riparabili

Processi stocastici puntuali. Processo di conteggio. Variabili aleatorie tempo al guasto, tempo tra i guasti e tempo di attesa del prossimo guasto. Funzione media, funzione tasso di accadimento dei guasti, funzione intensità e funzione affidabilità. Processo Omogeneo di Poisson, Processo Non Omogeneo di Poisson. Processo di Rinnovo.

[1,5 CFU] Procedure inferenziali

Metodi statistici per l'analisi di dati di guasto di unità non-riparabili: campionamento completo e campionamento censurato, stimatori non parametrici dell'affidabilità, stimatori di massima verosimiglianza e carte di probabilità. Metodi statistici per l'analisi di dati di guasto/riparazione di unità riparabili. Test di Laplace e test Mil. Metodi grafici. Metodo della massima verosimiglianza.



[1 CFU] Analisi economica dei guasti

Politiche di manutenzione. Manutenzione correttiva, manutenzione per età, manutenzione a blocchi e Manutenzione su condizione. Costo per ciclo di vita. Analisi del rischio.

[0,5 CFU] Seminari RAMS (Reliability, Maintainability, Safety, FMEA, FMECA).

MATERIALE DIDATTICO

Dispense distribuite dal docente.

P. Erto, 2008, Probabilità e statistica per le scienze e l'ingegneria, 3a edizione, McGrawHill.

Altri testi consigliati:

P. O'Connor, A. Kleyner, 2012, Practical reliability engineering, 5Th edition, Wiley.

G. Yang, 2007, Life Cycle Reliability Engineering, John Wiley & Sons.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni e seminari applicativi.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AIRCRAFT DESIGN

SSD ING-IND/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Basic knowledge of aerodynamics, aircraft aerodynamics, aircraft stability and control, basic principles on aircraft structural layout and wing and fuselage structural sizing.

OBIETTIVI FORMATIVI

The course will show a complete and organic methodology for the preliminary design of transport aircraft. Starting from the design requirements, all problems concerning design of airplane components and the design of the complete aircraft will be shown. Several applications using software tools for preliminary sizing of aircraft will be performed. Application, methods, and data to enable case studies of subsonic aircraft design are provided and students will develop in group the preliminary design of a transport aircraft also enhancing their soft skill and team-working capabilities.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic methodologies which rule the preliminary design of an aircraft.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to develop a multidisciplinary optimization for the preliminary sizing of a transport aircraft.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[3 CFU] Engineering design. Aircraft design process and phases. Design requirements. Certification rules and impact on the design. Basic principles of flight mechanics applied to aircraft design. Aircraft weight and balance. Preliminary aircraft sizing (aircraft weights, wing area and installed thrust), sizing plot.

[3 CFU] Improved flight performance. Stall speed and its effects. Buffet barrier. Jet aircraft cruise grid and best flight conditions. Payload-Range diagram. Block speed. Transport efficiency and productivity. Direct operating cost (DOC) of an aircraft. Optimal range and speed. Wing Design. Flight performances, cruise speed. Drag divergence and buffeting. High-lift system design. Stall speed. Take-off and Landing. Fuselage design. Drag polar estimation. Flight performances calculation

[3 CFU] Longitudinal stability. Stick fixed and stick free stability (neutral point). Longitudinal control issues and horizontal tailplane design. Maneuvering stability. Directional stability and control. Vertical tailplane design. Minimum control speed (VMC) and critical engine definition. Adverse yaw. Lateral stability and dihedral effect. Aileron efficiency and design. Landing gear design. Aircraft cost, safety and environmental issues. Different configurations and arrangements (high-wing vs low-wing, propulsion and engine position, landing gear layout).

MATERIALE DIDATTICO

Slides and course notes. The students will be also working with a specific software called ADAS and specific applications in Matlab and Excel for aircraft preliminary design.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures on theory and exercises and applied examples focused on the development of a conceptual/preliminary design of an airplane.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	X
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Examination in average consists of a written essay on two assigned topics (i.e. design of the wing, design of the vertical tail) with open answer. Evaluation of student's capabilities concerning synthesis, link among different topics and design procedures. The development of the group design project gives an additional score (it is not mandatory).



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AIRCRAFT ON-BOARD SYSTEMS

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The course discusses all aircraft on-board systems that are needed to develop a professional aircraft. Principle of operation and application examples will be presented. All development phases will be considered, such as design, manufacturing, integration, and maintenance.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the fundamental components of aircraft on-board systems.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to design aircraft on-board systems with reference to manufacturing, integration and maintenance issues.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Air Conditioning and Cabin Pressurisation System.

[1 CFU] Electrical Power System. Equipment and Furnishings. Fire Protection System.

[1 CFU] Flight Controls System. Fuel Systems. Hydraulic Power System.

[1 CFU] Ice and Rain Protection System. Landing Gear. Lights.

[1 CFU] Oxygen System. Pneumatic/Vacuum System. Water/Waste System.

[1 CFU] On Board Maintenance Systems. Emergency Management System.

MATERIALE DIDATTICO

Course notes and slides.

Testi di riferimento:

Currey, N.S., "Aircraft Landing Gear Design: Principles and Practices", AIAA Press, 1988.

Moir, I., Seabridge A., "Aircraft Systems: Mechanical, Electrical and Avionics Subsystems", John Wiley and Sons, 2008.

Moir, I., "Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration", 3rd edition, Wiley, 2008.

Clark C., "Aircraft Fuel Systems", John Wiley and Sons, 2009.



Tooley M. and Wyatt D., Aircraft Electrical and Electronic Systems – Principles, Maintenance, and Operations, Elsevier, 2009.

Seabridge A. and Morgan S., Air Travel and Health: A Systems Perspective, John Wiley and Sons, 2010.

Eismin, T., "Aircraft Electricity and Electronics", 7th Edition, McGraw Hill, 2019.

Seabridge, A., Moir, I., "Design and Development of Aircraft Systems", 3rd edition, Wiley, 2020.

Hilderman, V., "The Aviation Development Ecosystem", Afuzion Inc., 2021.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures. Experimental seminars. Tour to manufacturers plants.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the written exam and according to the successive discussion during the oral exam.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AIR TRAFFIC MANAGEMENT AND CONTROL

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

This course will provide a complete overview about Air Traffic Management and Air Traffic Control systems and procedures. In this framework, the aircraft is considered a component of a global traffic scenario at national, continental, and intercontinental level. The main topic discussed in the course can be summarized as follows: i) Regulations; ii) Surveillance; iii) Navigation; iv) Operations; v) Weather and environmental issues; vi) Advanced topics: UAS integration, PBN, Airport Automation, and modernization. Since Air Traffic Management is developing several innovations in the last few years, a large analysis of future most important changes will be presented at the end of the course. It includes all topics accounted in the main innovation projects worldwide, i.e. Next Gen in the US and SESAR in Europe. Moreover, this course will give students knowledge of Aeronautical Communications System and Air Routes. Theoretical, technological, design, installation and operational issues will be addressed. Course aims at enabling students to manage at system level Voice Communications, Digital Communications, Aircraft Trajectory Prediction, and Mission Path Planning, basics of UAS traffic management and integration.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic elements for air traffic management and for traffic control systems and procedures.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to apply the operational issues and design information for the management and control of air traffic.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[3 CFU] ATM fundamentals: System Structure, Basic Procedures; Operational Rules.

ADS-B.

Collision Avoidance, TCAS.

PBN-Performance-Based Navigation: RNAV and RNP.

System Modernization: Next Gen and Sesar.

[3 CFU] Operations: Airport and Terminal Operations; En route Operations; Oceanic Operations;

Weather and environmental issues;

ATM System Modeling;

Aircraft trajectory prediction;

Airport Automation: ASMGCS;

[3 CFU] Basics of radio communications.



Regulations and standards for aeronautical radio communications. Voice radio links; Data radio links.

Air routes: Definition of air routes and flight planning;

Geodesics as paths over the Earth ellipsoid.

Basics of UAS traffic management and integration.

MATERIALE DIDATTICO

Course slides and lecture notes.

Reference textbooks:

Nolan, M.,S., Fundamentals of Air Traffic Control, Cengage Learning.

Kayton, M. and Fried, W.R., Avionics Navigation Systems, Wiley-Interscience.

Spitzer, C.R., and Ferrell, U., Digital Avionics Handbook, CRC Press.

Helfrick, A., Principles of Avionics, Avionics Communications Inc..

Ashford, N.J., Stanton, H.P.M., and Moore, C.A., Airport Operations, McGraw-Hill Professional Publishing.

Tooley, M. and Wyatt, D., Aircraft Communications and Navigation Systems. Principles, Maintenance and Operation, Routledge.

Stacey, D., Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, John Wiley and Sons.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Oral lectures, laboratory experiences, seminars with field experts, tours to companies and research institutions that are involved in production and integration of ATM related systems.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) **Modalità di esame:**

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) **Modalità di valutazione:**

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the written exam and according to the successive discussion during the oral exam.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

AVIONICA

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: II
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di dinamica dei sistemi, matematica, fisica generale ed elettrotecnica.

OBIETTIVI FORMATIVI

L'allievo alla fine del corso avrà acquisito conoscenza relativa ai principi di funzionamento, alle problematiche progettuali e di integrazione dei componenti dell'avionica di bordo di un velivolo. In particolare, saranno approfondite le problematiche relative alla navigazione aerea. L'allievo dovrà acquisire capacità di comprensione dei principali aspetti ingegneristici collegati all'utilizzo dei sistemi inerziali, dei sistemi air data, dei sistemi di radionavigazione aerea e dei sistemi di navigazione satellitare (GPS, Glonass, Galileo). Saranno anche definiti i concetti di riferimento per la sorveglianza aerea. Inoltre, dovrà avere padronanza delle tecniche di integrazione delle misure quali il Filtro di Kalman.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dei principi di funzionamento dei principali elementi che costituiscono l'avionica di bordo di un velivolo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di affrontare la progettazione e l'integrazione dei componenti dell'avionica di bordo di un velivolo con riferimento alle problematiche relative alla navigazione aerea.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Sottosistemi componenti l'avionica di bordo. Display systems.

[3 CFU] Concetti di base della navigazione in prossimità della Terra. Giroscopi convenzionali. Giroscopi non convenzionali: Giroscopi di Coriolis, Dinamically Tuned Gyro, Giroscopi MEMS, Giroscopi ottici. Equazioni della navigazione inerziale. Errore della navigazione inerziale. Stabilità del canale verticale della navigazione inerziale.

[1 CFU] Sistemi air data.

[2 CFU] Radioassistenze: NDB, ADF, VOR, TACAN, DME, RNAV. Sistema di atterraggio strumentale (ILS). Radar Doppler. Laser altimetri. Sistemi di navigazione satellitare: Sistema GPS, Fonti di errore del GPS. Equazioni di Pseudorange, Dilution of Precision. Integrità: RAIM. Ricevitori a doppia frequenza. GPS differenziale. Filtro di Kalman. Navigazione integrata.

[2 CFU] Surveillance (radar primari e ground control centers). Identification (secondary radars and transponders). ATCRBS, mode-S. Sistemi di bordo e cockpit avanzati: GPWS; TAWS.



MATERIALE DIDATTICO

Appunti del corso e slides.

Testi di riferimento:

- Merhav, S., "Aerospace Sensor System and Applications", Springer Verlag, 1996.
- Kayton, M., Fried, W.R., "Avionics Navigation Systems", 2nd ed., John Wiley&Sons, 1997.
- Savage P.G., "Strapdown Analytics", Strapdown Associates Inc., 2000.
- Rogers R. M., "Applied Mathematics in Itegrated Navigation Instruments", AIAA Press, 2000.
- Titterton, D. H., "Strapdown Inertial Navigation Technology", 2nd edition, American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.
- Farrell J. and Barth M., "Aided Navigation: GPS with High Rate Sensors ", McGraw Hill, 2008.
- Moir, I., "Aircraft Systems: Mechanical, Electrical, and Avionics Subsystems Integration", 3rd edition, Wiley, 2008.
- Rierson, L., "Developing Safety-Critical Software: A Practical Guide for Aviation Software and DO-178C Compliance", 1st Edition, CRC Press, 2013.
- Kenney, S., "Avionics: Fundamentals of Aircraft Electronics", Avotek Information Resources, 2013.
- Collinson, R.P.G., "Introduction to Avionics Systems", 3rd edition, Springer Nature, 2014.
- Fulton, R., "Airborne Electronic Hardware Design Assurance: A Practitioner's Guide to RTCA/DO-254", 1st Edition, CRC Press, 2014.
- Helfrick, A., "Principles of Avionics", 9th edition, Avionics Communications Inc., 2015.
- Spitzer, C., Ferrell, U., Ferrell, T., "Digital Avionics Handbook 3rd Edition", CRC Press, 2017.
- Eismin, T., "Aircraft Electricity and Electronics", 7th Edition, McGraw Hill, 2019.
- Seabridge, A., Moir, I., "Design and Development of Aircraft Systems", 3rd edition, Wiley, 2020.
- Hilderman, V., "The Aviation Development Ecosystem", Afuzion Inc., 2021.
- Dillon, S. (edited by), "Advanced Principles of Avionics", States Academic Press, 2022.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali, esercitazioni di laboratorio, seminari con esperti del settore, visite a complessi industriali e di ricerca con riferimento alla produzione ed integrazione di avionica e sistemi di bordo.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni



b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

COMBUSTIONE E FLUIDODINAMICA DEI SISTEMI REAGENTI

SSD ING-IND/25

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica e fisica generale.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si propone di fornire gli strumenti metodologici e le conoscenze per inquadrare i processi di combustione nell'ambito delle applicazioni propulsive e di generazione di potenza sostenibili per valutare il loro potenziale sviluppo sotto i vincoli di nuovi combustibili, di nuovi limiti di emissione di inquinanti e di nuove categorie prestazionali. Inoltre il corso definisce nelle configurazioni prototipali più rilevanti le equazioni che descrivono i processi di combustione che evolvono sotto fissate condizioni al contorno/iniziali, analizzandone i parametri più significativi e le variazioni più sensibili. Infine vengono fornite le conoscenze di base per quanto concerne l'aerodinamica dei principali sistemi reattivi.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dei sistemi di combustione e delle principali applicazioni con riferimento alla mobilità e generazione di potenza.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di saper analizzare i processi elementari che compongono i moderni sistemi di combustione e guidarne le scelte progettuali anche in funzione della minimizzazione dell'impatto ambientale e della sostenibilità in chiave transizione energetica.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[0.5 CFU] *Introduzione al Corso di Combustione. Equazioni di bilancio di mezzi gassosi multicomponenti reattivi.*

[1 CFU] *Principi di Termodinamica, Temperatura adiabatica di fiamma e di equilibrio. Combustibili. Tipologie e proprietà. Cenni a comb. alternativi. Biofuels, E-Fuels. Teoria Cinetica dei Gas.*

[1 CFU] *Combustione omogenea. Esplosione Radicalica. Cinetica sistema H₂/O₂. Meccanismo cinetico del metano (C_xH_y). Combustione omogenea in flusso/regimi stazionari ed instazionari.*

[1 CFU] *Schema cinetico generale per sistema paraffina/aria. Modellazione cinetico-chimica dei processi di combustione/ Chemkin. Combustione con propagazione. Detonazione. Rankine-Hugoniot*

[1 CFU] *Combustione con propagazione. Deflagrazione laminare. Turbolenza. Diagramma di Borghi. Combustione con Diffusione. Fiamme diffusive laminari e turbolente.*

[0.5 CFU] *Ignizione diffusiva. Modellazione di processi diffusivi 1D stirati.*

[1 CFU] *Aerodinamica della combustione. Atomizzazione e vaporizzazione di combustibili liquidi. CFD per flussi reattivi turbolenti. Esempi pratici ed esercitazione tramite software Fluent.*



MATERIALE DIDATTICO

APPUNTI E SLIDES DEL CORSO.

VIDEO-REGISTRAZIONE DELLE LEZIONI RIPORTATE IN

[HTTPS://WWW.DOCENTI.UNINA.IT/DOWNLOADPUB.DO?TIPOFILE=MD&ID=593616](https://www.docenti.unina.it/downloadpub.do?tipofile=MD&ID=593616)

SLIDES DEL CORSO RIPORTATE IN [HTTP://WWW.FEDERICA.UNINA.IT/CORSI/COMBUSTIONE/](http://www.federica.unina.it/corsi/combustione/)

LIBRI DI TESTO: "LEZIONI DI COMBUSTIONE" DI ANTONIO CAVALIERE, ED ENZO ALBANO, 2001 E

RIPORTATO IN [HTTP://WPAGE.UNINA.IT/ANTCAVAL](http://wpage.unina.it/antcaval)

LEZIONI DI COMBUSTIONE PUBBLICATE SUL SITO DELLA SEZIONE ITALIANA DEL COMBUSTION

INSTITUTE: [HTTP://WWW.COMBUSTION-INSTITUTE.IT/](http://www.combustion-institute.it/)

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali, esercitazioni con software specialistici e seminari integrativi.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

COSTRUZIONI AEROSPAZIALI II

SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica, costruzioni e strutture aerospaziali.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha come obiettivo l'acquisizione di strumenti teorici e pratici per la risoluzione di problemi strutturali relativamente ai materiali compositi di utilizzo aerospaziale, tramite il calcolo dello stato tensionale in laminati ortotropi, la definizione dei criteri di rottura e la definizione dei criteri di dimensionamento strutturale. Viene inoltre analizzata la meccanica della frattura elastico lineare in strutture realizzate con materiali metallici e definiti i criteri di calcolo della progressione di cricche in diverse tipologie strutturali.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza delle comuni metodologie per l'analisi di strutture aerospaziali in materiale composito e dei problemi di fatica nei componenti strutturali metallici.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di condurre in autonomia un'analisi meccanica su elementi strutturali in materiale composito e metallico.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[0,5 CFU] Effetto dell'impedimento dei vincoli nelle travi a sezione sottile: shear lag e flessotorsione.

[0,5 CFU] Materiali compositi per applicazioni aeronautiche: caratteristiche principali e criteri di dimensionamento. Cenni su tecniche di trasformazione dei materiali compositi.

[1 CFU] Comportamento elastico di laminati multi-direzionali sottoposti a carichi termo-meccanici. Teoria classica della laminazione. Criteri di rottura in laminati. Stress e rotture interlaminari di laminati multi-direzionali.

[1 CFU] Metodi di progetto di strutture in composito. Delaminazioni per impatti a basse velocità. Buckling di piastre in laminato composito. Criteri di dimensionamento per un cassone alare e un tronco di fusoliera. Applicazioni FEM

[2 CFU] Curve S-N e vita a fatica. Fattore di intensificazione delle tensioni. Criteri energetici nella meccanica della frattura. Modelli di propagazione della cricca. Calcolo della propagazione della cricca in un componente strutturale aeronautico (ad es. cassone alare e fusoliera pressurizzata).

[1 CFU] Cenni sui metodi non distruttivi. Applicazioni in laboratorio di tecniche ad ultrasuoni per la determinazione di delaminazioni.



MATERIALE DIDATTICO

T.H. Megson, Aircraft structures for Engineering Students – Edward Arnold.

R.M. Jones, Mechanics Of Composite Materials, CRC Press.

M.C.-Y. Niu, Composite airframe structures: practical design information and data, Conmlit Press LTD 1992.

Basic Mechanics of Laminated Composite Plates, NASA RP 1351 (Free download from: http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19950009349_1995109349.pdf).

Appunti del corso.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Didattica tradizionale.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Lo studente può preparare un elaborato da discutere in sede di esame. Questa attività è facoltativa.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
DINAMICA E SIMULAZIONE DI VOLO
SSD ING-IND/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica e fisica generale.

OBIETTIVI FORMATIVI

Fornire gli elementi per effettuare la predizione del moto vario di un velivolo, anche in regime non lineare, e la stima dei carichi strutturali, conseguenti sia alle azioni del pilota sia a perturbazioni esterne (da raffica discreta e continua). Introdurre le moderne tecniche di simulazione del volo con l'ausilio di programmi di calcolo per la soluzione numerica delle equazioni del moto, la rappresentazione grafica del volo, la gestione dei sistemi di comando. Introdurre i principi della stabilità dinamica longitudinale e latero-direzionale di un velivolo per valutarne le qualità di volo. Gli studenti saranno guidati attraverso un ciclo di esercitazioni alla comprensione degli argomenti.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza delle moderne tecniche di simulazione di volo.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di valutare le qualità di volo attraverso programmi di calcolo per la simulazione delle equazioni del moto.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Terne di riferimento, derivazione delle equazioni del moto, equilibrio dinamico del velivolo e moto di regime iniziale.

[3 CFU] Analisi della stabilità longitudinale e degli effetti non lineari. Analisi e calcolo dei carichi di manovra. Carichi e risposta del velivolo in aria turbolenta. Soluzione numerica delle equazioni complete del moto.

[2 CFU] Cenni storici sui simulatori di volo. Caratteristiche dei moderni simulatori di volo. Rappresentazione delle azioni aerodinamiche e propulsive. Rappresentazione grafica degli scenari simulati. Controllo interattivo del moto dell'aeroplano e forze feedback sui comandi di volo. Uso di Matlab e Simulink, del C++, e dei metalinguaggi XML e VMRL nella simulazione del volo.

[3 CFU] Equazioni linearizzate del moto di un velivolo. Stabilità dinamica dei velivoli. Moto longitudinale e latero-direzionale. Moti caratteristici di un velivolo. Analisi dei moti di corto periodo, fugoide e dutch roll mediante l'uso di Matlab e Simulink. Qualità di volo relative al moto longitudinale e latero-direzionale.

MATERIALE DIDATTICO

Slides del corso e note. Vari Matlab files.



MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni teoriche ed esercizi vari.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	X
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale e sulla qualità degli elaborati progettuali presentati. Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

DINAMICA STRUTTURALE

SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica, costruzioni e strutture aerospaziali.

OBIETTIVI FORMATIVI

Completare le conoscenze relativamente alla dinamica strutturale e l'identificazione e caratterizzazione dinamica di sistemi complessi. Questi obiettivi sono perseguiti sia con metodologie analitiche, numeriche, sperimentali e principalmente focalizzando l'attenzione sulla possibilità di confrontare i suddetti approcci al fine di ottenere una ottimizzazione dei modelli proposti.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza delle comuni metodologie per l'analisi dinamica delle strutture aerospaziale.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di condurre in autonomia un'analisi dinamica dei tipici elementi strutturali dell'ingegneria aerospaziale con metodologie analitiche, semi-analitiche, numeriche e sperimentali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Introduzione alla soluzione di problemi dinamici analitici e/o semi-analitici. La convergenza di una soluzione modale. Richiami sulle tecniche numeriche di estrazione di parametri modali.

[1 CFU] Parallelismo con l'approccio di Rayleigh-Ritz e la metodologia degli elementi finiti.

[1 CFU] Richiami di analisi dei segnali per la valutazione sperimentale della risposta dinamica di un sistema.

[1 CFU] Identificazione di sistemi dinamici mediante prove dinamiche (modelli SDOF e MDOF).

[1 CFU] Verifica dei modelli dinamici sintetizzati da dati sperimentali.

[1 CFU] Model updating e ottimizzazione strutturale.

MATERIALE DIDATTICO

L. Meirovitch: Elements of Vibration Analysis, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1986.

D. J. Ewins: Modal Testing: Theory, Practice and Application, Research Studies Press Ltd., 2001.

R. D. Cook: Concepts and Applications of Finite Element Analysis, John Wiley & Sons, 2001.

L. Meirovitch: Computational Methods in Structural Dynamics, Sijthoff & Noordhoff, 1980.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali, esercitazioni guidate, seminari applicativi su alcuni temi specifici.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Lo studente può preparare una tesina da discutere in sede di esame. Questa attività è facoltativa.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE DEL SETTORE AEROSPAZIALE

SSD ING-IND/35

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: II

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di:

- Fornire concetti e modelli fondamentali relativi al comportamento degli attori economici con riferimento ai sistemi micro e macroeconomici.
- Fornire le conoscenze di base per l'analisi delle decisioni aziendali operative e strategiche a partire dai dati sui costi e ricavi d'impresa.
- Fornire elementi conoscitivi di base sulla gestione e progettazione delle organizzazioni.
- Indirizzare gli elementi fondamentali dell'economia e dell'organizzazione aziendale in riferimento al settore aeronautico.
- Trasferire il concetto di complessità del settore aeronautico nelle sue dimensioni tecnologica, organizzativa ed economica.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dei principi di microeconomia oltre che di organizzazione delle imprese, e di aver compreso i meccanismi di relazione tra le imprese e tra queste ed i mercati di riferimento.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del corso lo studente dovrà dimostrare di saper declinare le dinamiche microeconomiche e quelle dell'organizzazione aziendale nel contesto di settori ad alta tecnologia quale quello aerospaziale.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] L'impresa: definizione e modellizzazione - Costi e obiettivi - Criteri di classificazione - L'impresa, l'ambiente e il mercato.

[1 CFU] Settore, impresa e competitività - L'analisi strutturale di settore - Ciclo di vita del settore. Analisi interna e organizzazione di impresa. Funzioni aziendali e processi di R&S. Technology Readiness Level.

[1 CFU] Analisi dei costi - Break Even Point - BEP; La valutazione degli investimenti industriali ed i relativi criteri di valutazione.

[1 CFU] Natura del processo di innovazione del prodotto aeronautico - Le fasi del processo innovativo del prodotto; Innovazione tecnologica ed organizzazione produttiva nel settore aeronautico - Le fasi del processo di innovazione nel settore.



[1 CFU] Le caratteristiche strutturali del settore - L'organizzazione produttiva del settore aeronautico; La rete di imprese nel settore aeronautico - La rete dei rapporti oligopolistici tra le imprese - La rete dei rapporti verticali tra le imprese.

[1 CFU] I rapporti di subfornitura nel settore aeronautico - La circolazione della tecnologia tra committente e subfornitore - La relazione asimmetrica tra committente e subfornitore - Il processo di selezione delle imprese subfornitrici.

MATERIALE DIDATTICO

Dispense, slides accessorie, testo La subfornitura nel settore aeronautico, a cura di Massimiliano Bianca, Emilio Esposito - Editore: McGraw-Hill Education - Anno I edizione: 2007.

Ulteriori Riferimenti

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il Corso implica la partecipazione attiva degli studenti alle lezioni, attraverso un'interazione continuativa con il docente.

In aula si svolgono discussioni e si stimolano riflessioni critiche su casi applicativi di attualità nell'ambito del settore aeronautico sia a livello nazionale che internazionale. Le lezioni possono comprendere la testimonianza in aula di esperti del settore.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

c) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Prova al calcolatore	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

d) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

ELABORAZIONE DI SEGNALI MULTIMEDIALI

SSD ING-INF/03 *

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI E DEI MEDIA DIGITALI

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE): NO

MODULO (EVENTUALE): -

CANALE (EVENTUALE): -

ANNO DI CORSO (I, II, III): I-II

SEMESTRE (I, II): II

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivo dell'insegnamento è di fornire la conoscenza dei concetti di base e degli algoritmi per l'elaborazione di immagini digitali e presentare le principali tecniche per la codifica di immagini fisse e sequenze video, con particolare attenzione agli standard più comuni. Oltre a fornire gli strumenti matematici e concettuali per trattare analiticamente questi argomenti, il corso si propone di dare le conoscenze necessarie per sviluppare in Python i principali algoritmi per l'elaborazione delle immagini.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere e saper comprendere gli strumenti metodologici per l'analisi e l'elaborazione delle immagini. Tali strumenti consentiranno agli studenti di risolvere problemi più complessi sia nel dominio dello spazio che nel dominio della frequenza.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper ragionare sulle problematiche riguardo l'analisi e l'elaborazione di immagini e di saper scegliere la tecnica più adatta per la risoluzione di un problema pratico.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Enhancement di immagini. Enhancement nel dominio spaziale. Trasformazioni basilari dell'intensità: operazioni puntuali lineari e non lineari. Equalizzazione dell'istogramma. Bit-plane slicing. Operazioni aritmetiche. Operazioni geometriche. Basi del filtraggio spaziale. Filtri di smoothing e di sharpening. Filtro mediano. Operazioni morfologiche. Enhancement nel dominio frequenziale. Trasformata di Fourier bidimensionale. DFT-2D. Esempi di filtro passa-basso e passa-alto. Filtraggio in frequenza: filtri ideali, filtri di Butterworth e filtri gaussiani.

Rappresentazione del colore. Cenni sul sistema visivo umano. Coni e bastoncelli. Sensibilità relativa dei coni di tipo S, M e L. Teoria tricromatica dei colori. Color matching. Gli spazi di colore (RGB, HSI). Pigmenti: colorazione sottrattiva, sistemi di stampa CMY, CMYK (quadricromia).

Segmentazione. Tecniche edge based. Point detection e line detection. Gradienti di Roberts, Prewitt e Sobel. Thresholding del gradiente. Zero-crossing del Laplaciano. Canny edge detector. Tecniche class-based. Algoritmo K-means.

Compressione di immagini. Codifica di sorgente. Generalità sulla compressione dati. La quantizzazione. Quantizzazione uniforme e non uniforme. Codifica predittiva. Schema del codificatore e decodificatore. Quantizzazione predittiva. Codifica mediante trasformata. Compattazione dell'energia e allocazione ottima delle risorse. Le trasformate lineari. Trasformata di Karhunen-Loève e sue proprietà. Trasformata coseno discreta. Lo standard JPEG.

Codifica video. Generalità sul segnale video. Compressione spaziale e temporale. Conditional replenishment e compensazione del movimento. Il codificatore ibrido. Cenni allo standard MPEG-1 e MPEG-2. La scalabilità in risoluzione e in frame-rate

Trasformata Wavelet. Localizzazione tempo-frequenza. Wavelet continua (CWT). Mother Wavelet. Analisi



multirisoluzione, funzione di scaling. Equazioni MRA. Estensione al caso bidimensionale. Implementazione della trasformata wavelet discreta (DWT). Banco di filtri di analisi e sintesi. Codifica mediante Wavelet. Algoritmo EZW. **Applicazioni.** Esempi di applicazioni avanzate per l'elaborazione di immagini: denoising, super-risoluzione, riconoscimento di volti o oggetti, classificazione mediante descrittori locali, segmentazione semantica, riconoscimento di manipolazioni nelle immagini e nei video anche con tecniche basate sull'apprendimento (cenni alle reti neurali convoluzionali).

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo consigliati:

- R.C.Gonzalez, R.E.Woods: "Digital image processing", 3rd edition, Prentice Hall, 2008.
- A.Bovik: "The essential guide to image processing", Academic Press, 2009.
- K.Sayood: "Introduction to data compression", 2nd edition, Morgan Kaufmann, 2000.

Appunti del corso di Elaborazione di Segnali Multimediali: <http://wpage.unina.it/verdoliv/esm/>

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

La didattica è erogata: a) per circa il 70% con lezioni frontali; b) per circa il 30% con esercitazioni guidate in laboratorio per lo sviluppo di applicazioni software in Python per comprendere al meglio le tecniche studiate. Gli argomenti delle lezioni frontali e delle esercitazioni sono esposti con l'ausilio di lavagne elettroniche e/o trasparenze dettagliate, messe a disposizione dello studente nel materiale didattico tramite il sito web ufficiale del docente. E' anche prevista la registrazione delle lezioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

L'esame si articola in una prova scritta e una orale. La prova scritta, che consiste di tre algoritmi da sviluppare in Python al calcolatore, può essere sostituita dallo sviluppo di un progetto pratico in Python su un'applicazione avanzata di elaborazione di immagini. La prova orale consiste in due domande su problemi/algoritmi esposti al corso.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

ELASTODYNAMICS AND STRUCTURAL HEALTH MONITORING PRINCIPLES

SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Solve the elasto-dynamics equations for simple structural items made out of isotropic and anisotropic materials.
Build the dispersion curves for simple structural configurations.
Extract waves parameters (Time of Flight, transmission factor, ect..) from numerical and/or experimental waves propagations signals by signal analysis techniques (Short time Fourier Transform, Hilbert Transform, statistical methodologies, etc.) (Numerical and experimental activity).
Build finite elements models for wave propagation simulation into typical aerospace structural configurations (Numerical activity).
Employ state-of-the-art ultrasonic Non-Destructive-Techniques (C-Scan) for structural health analysis in composites structure (Experimental activity).

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic principles for the structural health monitoring of aerospace structure.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to model the wave propagation into typical aerospace structural configurations and compare these models versus experimental data.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[2 CFU] Ultrasonic guided waves theory: Field equations of linear elastodynamics; Plane waves in isotropic and anisotropic media; Dispersion and attenuation; Reflection and refraction of waves at a free surfaces and interfaces; Guided waves in metallic and composite plates; Ultrasonic NDE for material and defect characterization (with FEA applications); Structural health monitoring; Signal analysis techniques: ultrasonic signal characterization, Short Time Fourier Transform, Hilbert Transform.

[2 CFU] Numerical simulation of wave propagation into aerospace structures: crack detection, delamination in layered plates, skin-honeycomb disbanding in sandwiches, stringer disbonding in stiffened panels.

[2 CFU] Structural Health Monitoring System Design and Testing Principles: SHM Overview, NDT Techniques, Structural health monitoring technologies, Sensor technology, Signal Parameters (Sampling Frequency, Windowing) and analysis, Damage Index (DI) Approach, Guided waves based SHM methodologies, Tomographic analysis.

MATERIALE DIDATTICO

Course notes and Slides.



J.D. Achenbach, Wave propagation in solids, North Holland, 1973.

A.C. Eringen, Elastodynamics, Vol. II, Academic Press, 1974.

A.K. Mal and S. Singh, Deformation of elastic solids, Prentice Hall 1991.

J.L. Rose, Ultrasonic waves in solid media, Cambridge University Press, 1999.

K.F. Graff, Wave motion in elastic solids, republished by Dover Publications (Cambridge University Press, 1975).

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures. Experimental seminars, collaborative working.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	X
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in a project work. The project work deals with the numerical modeling of a selected structural test-case; its results are compared to some available measured data.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

EXPERIMENTAL FLUID DYNAMICS

SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

None.

EVENTUALI PREREQUISITI

Basic knowledge of fluidmechanics.

OBIETTIVI FORMATIVI

The course aims at providing both the theoretical background and the practical technicalities of the most used Experimental Fluid Dynamics methods. Each measurement technique is explained highlighting: the potential advantages and drawbacks; the principles of operation; the application limits and uncertainties; the implementation and integration in a real experiment.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should achieve adequate knowledge of the theoretical formulations that describe the techniques used in the Experimental Fluid Dynamics.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students should demonstrate that they are able to apply the concepts/techniques, learned in the study of the Experimental Fluid Dynamics.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Measurement theory. Measurement uncertainties: random and bias. Propagation of uncertainty. Signal Theory. Sampling Theory. Fundamentals of continuous and discrete Fourier transforms.

[1 CFU] Pressure measurements. Liquid manometers. Bourdon manometers. Pressure transducers. Pitot tube. Laboratory exercises: pressure measurements.

[2 CFU] Temperature measurements. Liquid thermometers. Thermocouples. Radiation Theory. Infrared thermography. Heat flux sensors: heated thin foil, thin-film and thin-skin sensors. Laboratory exercises: temperature measurements.

[3 CFU] Velocity measurements: hot-wire anemometry, laser Doppler anemometry Particle Image Velocimetry. Evaluation of a pressure field from velocity measurements. Determination of aerodynamic forces from velocity measurements. Laboratory exercises: velocity measurements.

[2 CFU] Fundamentals of optics. Density measurements: Shadowgraph, Schlieren and Interferometry. Laboratory exercises: density measurements. Wind tunnels: subsonic and hypersonic. Force measurements. Load cells. Laboratory exercises: force measurements.

MATERIALE DIDATTICO

Notes and slides of the course.



Libri di testo

Discetti Ianiro Experimental Aerodynamics CRC Press (2017).
Tavoularis Measurements in fluid mechanics CUP 2009.
Astarita Carlomagno Infrared Thermography for Thermo-Fluid-Dynamics Springer 2013.
Raffel et al Particle Image Velocimetry springer 2018.
Tropea et al Springer handbook of experimental fluid mechanics Springer 2007.
Barlow et al Low-Speed Wind Tunnel Testing Wiley (1999).

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

About 2/3 of the total hours of the course are used for lectures and the remaining part will be dedicated to practical applications.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	x
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the oral exam and/or in the oral discussion of a project.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

EXPERIMENTAL VIBROACOUSTICS

SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I-II

SEMESTRE: II

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The student knowledge regarding the management of dynamic phenomena where interaction of vibrating structure with confined or open-air fluid emerge, will be deeply studied under the experimental point of view. The course will introduce the student to the several instrumentation and techniques to measure and evaluate both the acoustic and the vibrational parameters and relative correlation; also, the methods for the verification and updating of the related numerical model will be widely studied.

At the end of the course, the student:

- will be introduced to the specific themes through the study of a large variety of examples very close to the common engineering practice;
- will acquire knowledge, tools and methods for experimental measurement in the field of the course;
- will learn how to manage complex and complete experimental set-up;
- will be able to organize a test report;
- will be able to manage the verification and updating process of numerical models.

All the topics will be introduced by the use of a large variety of real applicative cases and student will be involved in many laboratory sessions where he will be able to experiment the theoretical knowledge self-performing real test.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic methods and the complex procedures for analyzing dynamic phenomena in an experimental facility.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to use or set-up experimental activities for the study of vibroacoustic phenomena. Moreover, they will be able to assess critically the measured data.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[2 CFU] Fundamentals of acoustic and vibration phenomena, experimental measurement sensors and actuators (accelerometers, laser vibrometer, microphones, intensity probes, beam forming antennas, force and acoustic actuators).

[2 CFU] Measurement errors and relative management, acoustic measurement techniques of different sound field indicators (pressure, intensity and power) and relative reference normative, measurement of acoustic absorption properties of materials (laboratory and in-situ techniques), evaluation of transmission loss and insertion loss properties of structural and acoustic systems.



[2 CFU] *Vibration measurement, evaluation of structural insertion loss and damping loss factor of damping systems, operational deflection shape and experimental modal analysis test of complex structures, near field acoustic measurement and correlation with vibrational field, vibro-acoustic response of complex structures (eigenmodes and od), data analysis techniques, processes and tools for numerical model updating.*

MATERIALE DIDATTICO

Textbooks and learning aids:

E. Monaco, M. Viscardi. Experimental Vibroacoustics handouts.

C.M. Harrys. Handbook of Noise Control. McGraw-Hill Higher Education; 2nd edition.

B&K Technical Review Collection.

D. J. Ewins, Modal testing theory and practice, Research Studies Pr Ltd.

SIEMENS/LMS Reference manuals.

UNI-EN and ISO reference normative.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Oral lessons and numerical/experimental laboratory activities.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) **Modalità di esame:**

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) **Modalità di valutazione:**

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the written exam and according to the successive discussion during the oral exam.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

FLIGHT TEST

SSD ING-IND/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Basic knowledge of mathematics and general physics.

OBIETTIVI FORMATIVI

The student will acquire the fundamental concepts concerning the scientific and engineering problems related to the flight tests, with reference to the fixed-wing aircraft certification. Topics include the study of flight tests instrumentation and calibration, aircraft performance estimation, stability and control flight tests and system identification technique. The student will acquire the capacity plan, design, perform and process flight test data acquired.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Knowledge and understanding

The student must have achieved an adequate knowledge of the scientific and engineering problems related to the execution of flight tests of fixed wing atmospheric aircraft.

Applying knowledge and understanding

The student must demonstrate to be able to apply the concepts acquired in the study of the phenomena that characterize the experimentation in flight, must be able to understand the physical principles, the technological solutions and the theoretical, numerical, and experimental methodologies used for such applications.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1cfu] Introduction on flight tests. Flight tests environment. Flight tests instrumentation, International standard atmosphere. Aircraft regulations.

[1 cfu] Flight tests program. Air data system calibration. Weight and balance. Stall flight tests. Flight tests data reduction.

[1 cfu] Level Flight tests. Available characteristics. Drag estimation from flight tests. Climb flight tests.

[1 cfu] Take-off and landing flight tests. Aircraft flight manual production.

[1 cfu] Static stability flight tests. Aircraft controllability flight tests. Stick force estimation.

[1 cfu] Dynamic stability flight tests. Flight qualities. System identification from flight tests. Methods and applications.

MATERIALE DIDATTICO

Slides and course notes.

Ralph D. Kimberlin, "Flight testing of fixed-wing aircraft", AIAA Education Series.

Donald, T., Ward, Thomas, W. Straganac, "Introduction to Flight Test Engineering", second edition, Kendall/Hunt Publishing company.



Ravindra V., Jategaonkar, "Flight Vehicle System Identification", AIAA series.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures on theory and practical examples with spreadsheet and Matlab applications. Video demo. Flight experiences on the airfield with a light airplane.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	X
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Final evaluation is based on the oral examination scores and on the project discussion. The final score will be clearly motivated to the student.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

FLUID-DYNAMIC STABILITY

SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The course addresses basic theories and advanced investigation methodologies to analyze flows instabilities. Inner and open shear flows are particularly investigated. Industrial problems such as the prediction of laminar-to-turbulence transition and the break-up of two-phase interface leading to atomization phenomena are some of the major application fields.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic theories and methodologies for analyzing flow instabilities.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students should learn how to analyze an industrial problem with reference to some optimization criteria.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[2 CFU] *Basic concepts and definitions of stability in Fluid mechanics. Lyapunov and asymptotic stability. Bifurcation and instability. Basic elements of function spaces, inner product and norm. Linearized equations of disturbances. Temporal normal modes analysis for parallel flows. Sturm-Liouville eigenvalues problem.*

[2 CFU] *Some classic models: Kelvin-Helmholtz instability, capillary instability of a jet. Localized disturbances in space and time, spatio-temporal theory. Absolute and convective instability. Spatial normal modes. Landau-Ginzburg equation. Stability of parallel flows: inviscid and viscous theories. Rayleigh inflection point theorem. Squire theorem. Orr-Sommerfeld equation. Stability of non-parallel flows. Global instability. Modal decomposition techniques: POD, SPOD, DMD.*

[2 CFU] *Connections between global instability and absolute/convective instability for locally parallel flows. Theory of non-modal instability. Growth function and pseudospectrum. Comparison of modal and non-modal theories for industrial flows: Poiseuille flow, Blasius flow, jet, wake, mixing layer. Laminar-to-turbulent transition in wall bounded flows. Criteria of turbulence prediction. e^N method.*

MATERIALE DIDATTICO

Notes on lectures delivered by the teacher and available on web site <https://www.docenti.unina.it>.

Some suggested textbooks:

P.G. Drazin, Introduction to Hydrodynamic Stability, Cambridge University Press, 2002.

P. Huerre and P.A. Monkewitz, Ann. Rev. Fluid Mech., 32, 473-537, 1990.

P.J. Schmid and D. S. Henningson, Stability and Transition in Shear Flows, Springer, 2001.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures, numerical exercises, application seminars.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the numerical exercise and in the successive discussion on the analytical and methodological topics.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

FLUIDODINAMICA NUMERICA

SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Scopo del corso è quello di fornire all'allievo i mezzi per rispondere alla domanda di lavoro nel settore della Fluidodinamica Computazionale (CFD). L'allievo acquisirà gli strumenti che gli consentiranno di valutare le potenzialità e i limiti dei codici commerciali utilizzati in Fluidodinamica Computazionale, al fine di permettergli un uso consapevole degli stessi. Il corso fornisce i fondamenti razionali della Fluidodinamica Numerica che poggiano su di una base di conoscenze di analisi matematica, algebra lineare, metodi numerici e meccanica dei fluidi.

L'allievo avrà modo di comprendere le problematiche lineari e quelle non lineari tipiche del trattamento numerico delle Equazioni di Navier-Stokes, esercitandosi sia nella costruzione di codici alle Differenze Finite (DF) che nell'utilizzo di software open source.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza delle architetture dei comuni algoritmi di calcolo per la fluidodinamica computazionale.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di condurre in autonomia un'analisi fluidodinamica con software di simulazione numerica e di saper analizzare criticamente i relativi risultati.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[3 CFU] Richiami di algebra lineare: spazi vettoriali a dimensione finita, matrici come operatori lineari, decomposizioni matriciali, autovettori ed autovalori, norme matriciali e norme indotte. Fondamenti di metodi iterativi per la risoluzione di sistemi lineari: applicazioni alla risoluzione numerica di equazioni ellittiche. Richiami sul metodo alle Differenze Finite (DF) per problemi di natura ellittica, parabolica e iperbolica.

[3 CFU] Risoluzione numerica delle equazioni di Navier-Stokes (NS) per moti incompressibili: metodi di proiezione e Problema Inverso del Calcolo Vettoriale. Trattamento numerico dei termini convettivi nelle NS incompressibili mediante tecniche alle differenze finite e ai volumi di controllo. Analisi delle proprietà di conservazione delle discretizzazioni. Metodi funzione di corrente-vorticità e Harlow-Welch e loro generalizzazioni. Cenni ai metodi di ordine elevato e ai metodi spettrali.

[3 CFU] Simulazione numerica di flussi compressibili a basso Mach: schemi kinetic energy preserving. Problematiche della simulazione di flussi con discontinuità. Leggi di conservazione iperboliche non lineari. Soluzioni deboli e proprietà delle discretizzazioni numeriche shock capturing. Proprietà di monotonia, TVD e teorema di Lax-Wendroff. Principi di costruzione dei flussi numerici per le Equazioni di Eulero nel caso 1D.

MATERIALE DIDATTICO

C. Meola, G. de Felice, Fondamenti Lineari per la Fluidodinamica Numerica. L'Ateneo, Napoli. (1996).
 H. Lomax, T. H. Pulliam, D. W. Zingg, Fundamentals of Computational Fluid Dynamics, Springer (2013).
 C. Hirsch, Numerical Computation of Internal and External Flows. Butterworth-Heinemann (2007).
 R. J. Leveque, Finite volume methods for hyperbolic problems. Cambridge University Press (2002).
 Appunti e materiale didattico distribuito dal docente. Prototipi di codici di calcolo illustrati durante le esercitazioni.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni teoriche, applicazioni al computer illustrate dal docente ed esercitazioni pratiche svolte dagli allievi presso i laboratori di Informatica.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base della discussione di un elaborato numerico sviluppato precedentemente dallo studente e dell'adeguatezza delle risposte fornite ai quesiti formulati durante la prova orale.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

FLUID-STRUCTURE INTERACTION

SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Fluid-structure interaction is a discipline which faces with the analysis of the exchange of waves between fluids and structures. In some cases, it becomes aero-elasticity or hydro-elasticity that is the study of the lifting forces self-generated by the vibrating elastic bodies. In general sense, it concerns the problems of interactions between fluids (gas and liquids) and elastic structures. A good background in matrix algebra, coding capability and some fundamentals on mechanics of a structure and/or a fluid are prerequisites.

OBIETTIVI FORMATIVI

The background of the students inside the structural aerospace engineering field will be completed by correlating several arguments. They are interpreted in a modern sense as fluid-structure interaction. The student:

- will be introduced to the specific themes by using examples very close to the common engineering practice;
- will acquire lexicon, tools and methods;
- will learn how to manage complex and complete procedures;
- will analyse if the available data and tools are suitable and enough for getting the required results.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic methods and the complex procedures for analyzing the fluid-structure interaction problems.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to use or design numerical tools or arrange experimental activities for the study of fluid-structure interaction problems. Moreover, they will be able to assess critically numerical and experimental results.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[0,5 CFU] Generalities about the Fluid-Structure Interaction (Aero/Acousto/Elasticity).

[0,5 CFU] The piston-pipe system: the simplest coupled system.

[0,5 CFU] Summary of the Deterministic Approaches (modal methods) in continuous and discrete coordinates schemes.

[0,5 CFU] Non-Lifting Aeroelasticity: remarks on instability and response for simplified scheme.

[0,5 CFU] Influence of the excitation/acquisition set-up on the measurements.

[1,0 CFU] Fundamentals of Waves, Modes and Energy (characteristic wave speed in solids, modal density, mechanical and acoustic impedances, damping).

[0,5 CFU] *Energy Methods and Energy Distribution Approach.*

[0,5 CFU] *Notes on Similitude and Scaling Approaches.*

[0,5 CFU] *Spectral Finite Element Approach: Dispersion Curves (material characterization).*

[0,5 CFU] *Stochastic response of linear systems.*

[0,5 CFU] *Fundamentals of aero-acousto-elastic problems.*

MATERIALE DIDATTICO

- Course Notes.
- Cremer, Heckl and Petersson, Structure-Borne Sound, Springer (Required).
- Hambric, Nefske, and Sung (editors), (Optional) Engineering Vibroacoustic Analysis: Methods and Applications, Wiley, 2016.
- Nilsson and Liu, Vibro-Acoustics, Springer (Optional).

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Classical oral lessons and numerical/experimental laboratory activities. It will be asked to the students a high level of participation to the lessons and related homework. This course should be actively lived in order to get the best results. For this reason, each course, year by year, will offer and develop different contents.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) **Modalità di esame:**

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	X
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) **Modalità di valutazione:**

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the project development and according to the oral exam. Nevertheless, the project activity is not mandatory but highly recommended.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
FONDAMENTI CHIMICI DELLE TECNOLOGIE
SSD CHIM/07

CORSO DI STUDI: AEROSPACE ENGINEERING

ANNO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso permette di approfondire le conoscenze riguardanti la struttura della materia, le interazioni materia/energia radiante, origine ed applicazioni dell'energia nucleare e della radioattività, cinetica chimica ed elettrochimica con particolare attenzione a problematiche di interesse ingegneristico quali: le principali tecniche di indagine dei materiali, interpretazione delle proprietà (elettriche, meccaniche e magnetiche) dei materiali, materiali nano-strutturati, combustione e ossidazione a bassa ed alta temperatura.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dei fenomeni chimici e elettrochimici di largo interesse ingegneristico.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di conoscere e quindi analizzare i parametri essenziali che controllano i fenomeni chimici che sono alla base delle tecnologie industriali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Origini della meccanica quantistica: teoria classica della radiazione e teoria dei fotoni. Interazioni tra materia ed energia radiante. Tecniche spettroscopiche. Tecnica della diffrazione dei raggi X. Struttura elettronica dell'atomo e legame chimico secondo la meccanica quantistica. Il legame chimico: teorie del legame di valenza e degli orbitali molecolari.

[2 CFU] Solidi cristallini ed amorfi. Curve di Condon-Morse; elasticità ed anelasticità. Genesi delle bande di valenza e di conduzione nei conduttori e semiconduttori, intrinseci e drogati; struttura delle bande ed effetto fotovoltaico. Difetti presenti nei cristalli (difetti di punto, di linea e di piano) ed influenza sulle proprietà elettriche e meccaniche. Chimica nucleare e radioattività ed applicazioni.

[2 CFU] Cinetica chimica. Equazioni cinetiche e meccanismi di reazione. Energia di attivazione. La catalisi. Elementi di chimica delle fiamme, limiti d'infiammabilità, curve di autoignizione. L'ossidazione. Celle galvaniche. Potenziali elettrochimici. Equazione di Nernst. Elettrolisi e metodi di deposizione elettrolitica: galvanostegia e galvanoplastica. Sensori elettrochimici. Misura delle costanti di equilibrio con metodi elettrochimici.

[1 CFU] Corrosione e passivazione dei metalli. Metodi elettrochimici utilizzati in metallurgia. Ferro, alluminio, rame e loro leghe.

[1 CFU] Tecnologie per la produzione e l'accumulo dell'energia. Pile ed accumulatori. Celle a combustibile.



[2 CFU] *Chimica organica: idrocarburi, gruppi funzionali, classi di reazione. Stechiometria e termochimica delle reazioni di combustione: potere calorifico superiore e inferiore, aria teorica di combustione, temperatura teorica di combustione, perdite a camino, potenziale termico, analisi dei fumi. La distillazione del petrolio. Combustibili liquidi e solidi, lubrificanti. Polimeri sintetici e meccanismi di polimerizzazione. Compositi nano strutturati: opportunità e problematiche.*

MATERIALE DIDATTICO

Materiale didattico distribuito a lezione.

Martin S. Silberberg, Chimica, McGraw-Hill.

Oxtoby, Gillis, Campion, Chimica Moderna Edises.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni ed esercitazioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Evaluation pattern:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

FONDAMENTI ELETTRICI PER L'AERONAUTICA

SSD ING-IND/32

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Le prestazioni di un aeromobile moderno dipendono in larga misura dalle configurazioni, dalle caratteristiche e dalla continua affidabilità dei sistemi e sottosistemi elettrici ed elettronici, sui quali è, quindi, fondamentale acquisire conoscenze. Il corso intende fornire le nozioni di base e opportuni approfondimenti sui sistemi elettrici ed elettronici con particolare riferimento a quelli di potenza a bordo di velivoli ed altri sistemi aeronautici. Questi includono alternatori, convertitori statici di potenza, sistemi di accumulo, di distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica a bordo, con riferimento anche a dispositivi di interruzione e protezione, e ad attuatori elettromeccanici. Vengono anche descritte le principali architetture previste per la propulsione elettrica e ibrida dei velivoli. Una parte del corso è dedicata a coprire i contenuti dei moduli 4 e 5 del programma previsto dalla normativa (EASA Parte 66/ EMAR 66), a beneficio di coloro che desiderano intraprendere una carriera nel settore della manutenzione aeronautica e conseguire una Licenza di Manutenzione Aeronautica (LMA)/Military Aircraft Maintenance License (MAML).

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza sistemi e sottosistemi elettrici e elettronici di un aeromobile.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di analizzare i sistemi di potenza a bordo di un velivolo e le principali problematiche della relativa manutenzione secondo la normativa EASA Parte 66/ EMAR 66.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[0,5 CFU] Linee elettriche in continua ed in alternata. Analisi dei possibili schemi di distribuzione a bordo dei velivoli. Interruttori, contattori e dispositivi di manovra. Protezioni contro sovracorrenti e sovratensioni. Trasformatori – Principio di funzionamento, modelli, caratteristiche operative e cenni costruttivi dei trasformatori monofase e trifase. Simbologia. Configurazioni magnetiche e connessione degli avvolgimenti di trasformatori trifase. Parallelo di trasformatori. Autotrasformatore. Trasformatori di misura. Prove di laboratorio sui trasformatori.

[0,5 CFU] MOTORI e Generatori ELETTRICI IN ALTERNATA - Conversione elettromeccanica dell'energia. Circuiti magnetici e avvolgimenti elettrici. Motori asincroni trifase: modelli, caratteristiche di funzionamento, avviamento, regolazione di velocità, legge tensione-frequenza per la regolazione a frequenza variabile. Motori asincroni monofase: funzionamento, problema dell'avviamento, motori a condensatore. Motori sincroni trifase a magneti permanenti, a riluttanza: caratteristiche di funzionamento, regolazione di velocità. Generatori sincroni trifase con eccitazione e a magneti permanenti: caratteristiche di funzionamento e regolazione della

frequenza e della tensione. Funzionamento su rete propria e su rete a potenza prevalente. Simbologia. Prove di laboratorio per la determinazione dei parametri elettrici delle macchine rotanti.

[1 CFU] DISPOSITIVI ELETTRONICI A SEMICONDOTTORE (M4.Part-66) – Diodo: Simbologia, Caratteristiche e proprietà. Connessione in serie ed in parallelo. Diodo ad emissione luminosa, Schottky, fotoconduttore, Zener. Varistori. Tiristore: Simbologia. Caratteristiche di funzionamento. Forma d'onda di tensione e corrente sul carico. Prove su diodi e tiristori. Transistore: Simbologia. Caratteristiche e proprietà. Configurazioni di base. Configurazioni multistadio. Altri dispositivi di switching: GTO, IGBT, MOSFET.

Circuiti elettronici di servizio - Circuiti integrati: descrizione e funzionamento dei circuiti logici e dei circuiti lineari; regolatori e comparatori. Schede di circuiti stampati: descrizione e modalità di realizzazione ed impiego.

Altre applicazioni dei transistori: amplificatori; circuiti di polarizzazione, disaccoppiamento, stabilizzazione; circuiti in cascata, push-pull, oscillatori, multivibratori, flip-flop. Circuiti logici, amplificatori operazionali.

[0,5 CFU] CONVERTITORI STATICI DI ENERGIA ELETTRICA- Conversione ac-dc monostadio: raddrizzatori a semplice e doppia semionda; raddrizzatori semi- e total-controllati, monofase e trifase; configurazioni a 1, 2 e 4 quadranti. Conversione dc-dc: chopper abbassatore ed elevatore; configurazioni a 1, 2 e 4 quadranti. Conversione ac-dc: inverter monofase e trifase a tensione impressa; inverter ad onda rettangolare; modulazione sinusoidale della tensione. Conversione ac-dc a doppio stadio: configurazioni; dc-link. Sistemi di filtraggio lato rete e problemi di qualità dell'energia.

[0,5 CFU] ACCUMULATORI DI ENERGIA ELETTRICA – Accumulo elettrochimico: caratteristiche principali delle batterie; analisi di differenti tipi di batterie; sistemi di ricarica delle batterie. Cenni su accumulatori elettrostatici (supercondensatori) ed elettromeccanici (volani ad alta velocità).

Cenni sulle Celle a Combustibile: funzionalità, tipi di alimentazione dell'idrogeno.

[1 CFU] AZIONAMENTI ELETTRICI - Combinazione motore+convertitore; controllo in catena aperta ed in catena chiusa; controllo in cascata; impiego di sensori/trasduttori di tensione, corrente, velocità, posizione (encoder, resolver); regolatori standard; regolatori ad isteresi; controllo scalare e vettoriale di azionamenti con motore asincrono; azionamenti AC e DC brushless con motori sincroni a magneti permanenti. Funzionamento reversibile. Sistemi di controllo analogico o tramite microcontrollori. Esempi di azionamenti elettrici per la propulsione di velivoli.

[0,5 CFU] SERVOMECCANISMI - Concetti di base, funzionalità ed aspetti fondamentali.

ATTUATORI ELETTROMECCANICI – Definizioni e classificazione; analisi di diversi tipi di attuatori con riferimento all'ambito aeronautico.

[1 CFU] PARTE II - TECNICHE DIGITALI E SISTEMI ELETTRONICI DI STRUMENTAZIONE (M5 Part-66)

SISTEMI ELETTRONICI DI STRUMENTAZIONE: Disposizione tipica dei sistemi e layout di cabina dei sistemi elettronici di strumentazione. Conversione di dati: conversione analogico/digitale (A/D) e D/A. Bus di dati: Funzionamento nei sistemi aeronautici, inclusa la conoscenza della norma ARINC. Circuiti logici: Identificazione dei simboli comuni relativi a circuiti logici, tabelle e circuiti equivalenti. Applicazioni per i sistemi aeronautici. Microcontrollori: funzioni, lay-out tipici e caratteristiche dei microprocessori. Circuiti integrati: Funzioni ed impiego di codificatori e decodificatori. Multiplexing: Funzioni e applicazioni di multiplexer e demultiplexer. Ottica delle fibre: Vantaggi e svantaggi della trasmissione dati mediante fibre ottiche. Bus dati a fibre ottiche. Terminologia. Terminazioni. Applicazioni nei sistemi aeronautici. Display elettronici: Modalità di funzionamento dei più comuni tipi di display usati nei moderni aeromobili. Dispositivi sensibili all'elettricità elettrostatica: Trattamento specifico dei componenti sensibili alle scariche elettrostatiche; consapevolezza dei rischi e dei possibili danni, dispositivi di protezione antistatici personali e per componenti. Controllo della gestione software: Consapevolezza delle restrizioni, dei requisiti di aeronavigabilità e dei possibili effetti catastrofici di modifiche ai



programmi software non approvate. Ambiente elettromagnetico: influenza sulle pratiche di manutenzione del sistema elettronico di: EMC - Compatibilità elettromagnetica; EMI – Interferenza elettromagnetica; HIRF - Campi di radiazione ad alta intensità. Fulmini e protezioni dai fulmini.

[0,5 CFU] **TIPICI SISTEMI ELETTRONICI/DIGITALI AERONAUTICI:** *Disposizione generale dei sistemi elettronici/digitali aeronautici tipici e delle relative prove BITE (Built In Test Equipment), come: ACARS — ARINC Communication and Addressing and Reporting System; ECAM - Electronic Centralised Aircraft Monitoring; EFIS - Electronic Flight Instrument System; EICAS - Engine Indication and Crew Alerting System; FBW - Fly by Wire; FMS - Flight Management System; GPS - Global Positioning System; IRS - Inertial Reference System; TCAS - Traffic Alert Collision Avoidance System.*

MATERIALE DIDATTICO

Appunti dalle lezioni.

Materiale bibliografico fornito a lezione.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni ed esercitazioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

FONDAMENTI ELETTROMAGNETICI PER APPLICAZIONI SPAZIALI

SSD ING-INF/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I/II
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di analisi matematica e fisica generale.

OBIETTIVI FORMATIVI

Lo studente acquisirà i concetti fondamentali dell'elettromagnetismo, con particolare riferimento alle applicazioni spaziali. Il corso sarà corredato da esercitazioni di laboratorio numerico/sperimentali mediante l'utilizzo di strumentazione di misura e software di progettazione commerciali.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza degli elementi di base dell'elettromagnetismo applicato in ambito spaziale.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di applicare i concetti acquisiti nell'ambito dello studio dei fenomeni di trasmissione, ricezione, propagazione libera e guidata orientandosi nella individuazione delle caratteristiche salienti dei dispositivi coinvolti, in dipendenza dell'applicazione di interesse, e del dimensionamento di massima di un collegamento.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Richiami di elettromagnetismo. Le equazioni di Maxwell. Le proprietà elettromagnetiche generali dei mezzi materiali. Il dominio del tempo e il dominio della frequenza. Il regime sinusoidale e il dominio dei fasori. Il concetto di banda di un segnale elettromagnetico. L'energia associata al campo elettromagnetico. Impostazione del problema elettromagnetico. Il concetto di polarizzazione di un campo elettromagnetico in regime sinusoidale. Soluzioni elementari delle equazioni di Maxwell: le onde piane. Propagazione, attenuazione e dispersione. Riflessione, rifrazione e diffusione elettromagnetica. Il concetto di Radar Cross Section. L'effetto Doppler. [3 CFU]

Il plasma, e le sue declinazioni. [1 CFU]

Propagazione guidata e libera. Strutture per la propagazione guidata: cavi, guide metalliche, guide stampate, e guide dielettriche. Elementi di propagazione libera: antenna trasmittente e antenna ricevente. [1 CFU]

Il canale di comunicazione e la formula del collegamento. Il fenomeno del multi-path. Il radar. Il radar atmosferico. Elementi di propagazione atmosferica. Propagazione radio, alle microonde e alle onde millimetriche. Onde superficiali. Attenuazione per nebbia, pioggia, neve, ghiaccio e gas atmosferici. Diffusione da pioggia e depolarizzazione. Propagazione troposferica e ionosferica. [2 CFU]

I principali componenti di una rete in propagazione guidata: divisori, attenuatori, sfasatori, giunzioni ibride, isolatori, circolatori, filtri, generatori ed amplificatori. Antenne per applicazioni spaziali: antenne per stazioni di terra, per satelliti, per microsatelliti, per sonde interplanetarie e per Rover. Antenne per applicazioni aeronautiche. Antenne per droni. Antenne radar. Antenne per radiolocalizzazione e radionavigazione. Il problema dell'Antenna Placement. [1 CFU]

Il blackout elettromagnetico e possibili contromisure. La propulsione elettrica.

Elementi di compatibilità elettromagnetica con riferimento alle applicazioni spaziali.

Laboratorio numerico/sperimentale, nel quale si trattano alcuni esempi notevoli utilizzando la strumentazione di laboratorio e software commerciali impiegati per la progettazione professionale. [1 CFU]

MATERIALE DIDATTICO

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

IMPACT DYNAMICS

SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso si propone di fornire una descrizione approfondita di tutti gli aspetti legati alla progettazione dei veicoli rispetto alla loro resistenza all'urto. Esso fa riferimento agli aspetti tecnici, che sono trattati nel contesto dei processi di sviluppo multidisciplinare e della progettazione globale. Questo corso introduce gli studenti alle diverse tecniche computazionali utilizzate per modellare problemi di ingegneria in solidi e strutture particolarmente in condizioni di impatto a bassa, media ed alta velocità.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà apprendere i criteri di resistenza agli urti di base per la progettazione di veicoli aerospaziali.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente sarà in grado di modellare i fenomeni tipici della dinamica dell'impatto con specifico riferimento al lay-out strutturale tipico delle strutture aerospaziali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[2 CFU] Principi fisici di base dell'impatto; Aspetti strutturali e selezione dei materiali per la dimostrazione di rispetto delle norme di aeronavigabilità; Introduzione ai fenomeni di Impatto a Bassa Velocità.

[2 CFU] Danni che coinvolgono laminati compositi; approccio esplicito FEM; Modelli numerici per la previsione sia del primo cedimento che dell'area di delaminazione che coinvolgono il laminato composito sotto fenomeni di LVI; Metodo agli elementi finiti (FE) per la simulazione del fenomeno LVI; Tecniche di modellazione del danno utilizzando il metodo agli elementi finiti.

[2 CFU] Approccio Globale-Locale per la modellizzazione del danno sia intra che interlaminare; Esempi ed applicazioni; Prova di Compressione Dopo Impatto (CAI) per la valutazione della resistenza residua; Simulazione del test CAI mediante analisi quasi-statica; Biomeccanica e approccio multicorpo; Progettazione di esperimenti, tecniche DOE.

MATERIALE DIDATTICO

Appunti e note del corso.

Serge Abrate - Impact Engineering of Composite Structures. Cambridge University Press, 2005. ISBN: 0521018323, 9780521018326.

Matthew Huang - Vehicle crash mechanics. CRC press, 2002.



F. Marulo, M. Guida, L. Maio, F. Ricci, "Numerical simulations and experimental experiences of impact on composite structures". Dynamic Response and Failure of Composite Materials. Springer, The Netherlands 2017. ISBN 9780081008874.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali, esercitazioni guidate, seminari applicativi su alcuni temi specifici.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Lo studente può preparare una tesina da discutere in sede di esame. Questa attività è facoltativa.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
MACHINE LEARNING AND BIG DATA
SSD ING-INF/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The aim of the course is to present the main machine learning techniques, covering all aspects from data preparation to performance evaluation, through practical exercises carried out with commercial and/or open-source tools. An introduction to Big Data and Data Analytics lifecycle is also provided, with reference to the design of large and complex databases, and to the process of modeling, acquiring, sharing, analyzing and visualizing the information embedded into Big Data.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic machine learning techniques.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students should learn how to analyze large and complex databases using commercial and/or open-source tools.

PROGRAMMA-SYLLABUS

*[2 CFU] Data Mining and Machine Learning. Knowledge representation: Trees, Rules, Clusters.
Basic Machine Learning methods: Statistical Modeling, Linear Models, Instance based learning, Clustering.
Performance Evaluation: Cross-Validation, Cost-sensitive classification, ROC curves.*

*[2 CFU] Advanced Machine Learning: Decision Trees, Support Vector Machines, MLP, Bayesian Network, Hierarchical Clustering, EM, Semi-supervised Learning.
Data transformation: attribute selection, PCA, Sampling, Cleansing.
Deep Learning: training and performance evaluation of Deep Networks, Convolutional Neural Networks.
Introduction to database systems. Definition of a Big Data system. Data model for Big Data. The Hadoop ecosystem. Yarn. Pig. Hive. Giraph. Spark. NoSQL database: Key-value - Column-family, Graph database systems.*

*[2 CFU] Introduction to Big Data Analytics (BDA): BDA Lifecycle: knowledge discovery in database, data preparation, model planning, model building, data visualization.
Examples of commercial and open source Tools: Oracle, IBM Business Analytics, Microsoft Power BI, Microsoft Azure. AWS. SAP Hana.*

MATERIALE DIDATTICO

Data mining: practical machine learning tools and techniques - 4th ed., Ian H. Witten, Frank Eibe, Mark A. Hall, Christopher J. Pal —The Morgan Kaufmann, 2017.

Mining of Massive Datasets, J. Leskovec, A. Rajarman, J.D.Ullman, 2014 (online book).

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures and laboratory activities.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the student's knowledge of analytical and methodological topics.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

MECCANICA APPLICATA ALL'INGEGNERIA AEROSPAZIALE

SSD ING-IND/13

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica e fisica generale.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha lo scopo di riprendere e sviluppare alcuni argomenti della meccanica analitica per fornire gli strumenti di base per la comprensione e l'analisi dei problemi che si presentano nel funzionamento delle macchine dinamiche che derivano dal movimento degli organi che le costituiscono. Tali strumenti sono quindi utilizzati per lo studio dei sistemi meccanici più diffusi in ambito industriale ed in particolare in quello aerospaziale.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza della meccanica analitica applicata ai sistemi meccanici più diffusi e di impiego anche nel settore aerospaziale.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado comprendere il riuscire a condurre in autonomia l'analisi del funzionamento dei sistemi meccanici più diffusi in ambito industriale.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1,5 CFU] Macchine e meccanismi, coppie cinematiche, gradi di libertà, classificazione delle forze, sistemi equivalenti, sistemi ridotti, resistenze passive, rendimento meccanico.

[2 CFU] Studio di meccanismi: meccanismo con camma, manovellismo di spinta, quadrilatero articolato, glifo, catene cinematiche aperte con esempi di meccanismi adottati per i carrelli di atterraggio retrattili e per quelli adottati per le sospensioni dei rover spaziali.

[1,5 CFU] Bilanciamento di organi rotanti. Velocità critiche flessionali e torsionali.

[1,5 CFU] Elementi di meccanica del veicolo: ruota per suolo preparato e non preparato; dinamica longitudinale, laterale e verticale del veicolo; escursione delle ruote nella fase di atterraggio dei velivoli; ruota girevole, fenomeno dello shimmy; veicoli adottati per le esplorazioni spaziali.

[1,5 CFU] Elementi di macchine: ruote di frizione, ruote dentate, rotismi ordinari ed epicicloidali, trasmissioni con cinghia, cuscinetti, freni.

[1 CFU] Curva caratteristica meccanica; regolazione e stabilità delle condizioni di regime di un gruppo di macchine.



MATERIALE DIDATTICO

Il materiale didattico è costituito da appunti disponibili sul sito del dipartimento.

È consigliata la consultazione dei seguenti testi:

A.R. Guido, L. Della Pietra - Lezioni di meccanica delle macchine – CUEN.

L. Della Pietra – Meccanica Applicata alle Macchine – EdiSES.

M. Callegari, P. Fanghella, F. Pellicano - Meccanica Applicata alle Macchine – Citta Studi Ed.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Sono previste visite in laboratorio per lo studio di organi meccanici, meccanismi ed alcuni fenomeni dinamici.

Vengono svolte delle esercitazioni nella sala di calcolo utilizzando un software multibody commerciale.

Organizzazione di seminari tenuti da relatori interni o provenienti da aziende meccaniche.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati. Il voto finale è opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

METODI MATEMATICI PER L'INGEGNERIA

SSD MAT/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di analisi matematica.

OBIETTIVI FORMATIVI

Gli obiettivi formativi del corso sono costituiti dall'acquisizione e dalla consapevolezza operativa di concetti matematici e di risultati fondamentali della analisi matematica, in vista delle tipiche applicazioni nell'ambito della Ingegneria e nella modellazione matematica.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza di strumenti matematici avanzati per la risoluzione di problemi ingegneristici.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di saper sviluppare una modellazione matematica di tipici problemi dell'ingegneria.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Richiami sui numeri complessi. Funzioni elementari nel campo complesso.

[1 CFU] Serie di potenze. Funzioni analitiche. Trasformazioni conformi. Integrali di linea di funzioni di variabile complessa. Sviluppo in serie di Taylor. Sviluppo in serie di Laurent.

[2 CFU] Residui e applicazioni al calcolo di integrali. Cenni sulla misura e sull'integrazione secondo Lebesgue. Serie di Fourier; convergenza puntuale e convergenza in media quadratica, diseuguaglianza di Bessel. Trasformata di Fourier: definizione e proprietà formali; antitrasformata.

[2 CFU] Trasformata di Laplace: definizione; esempi notevoli di trasformata di Laplace; proprietà formali; antitrasformata; uso della trasformata di Laplace nei modelli differenziali lineari.

[1 CFU] Problemi ai limiti per equazioni differenziali omogenee e non. Identità di Green.

[1 CFU] Modellazione matematica: esempi classici. Equazione di Laplace; equazione del calore; equazioni delle onde. Equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine. Classificazione delle equazioni differenziali alle derivate parziali del secondo ordine. Curve caratteristiche.

[1 CFU] Elementi di calcolo delle variazioni.



MATERIALE DIDATTICO

A. Alvino, Analisi Matematica III, Appunti (vedi sezione “Materiale del corso” del sito webdocenti)
Appunti delle lezioni disponibili al sito webdocenti.

A. Ferreo, F. Gazzola, M.Zanotti, Elements of Advanced Mathematical Analysis for Physics and Engineering, Esculapio

G.C. Barozzi, Matematica per l’Ingegneria dell’Informazione, Zanichelli.

S. Salsa, Equazioni a derivate parziali, Springer.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali comprensive di esercitazioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d’Esame sulla base dell’adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

MODELLAZIONE GEOMETRICA E PROTOTIPAZIONE VIRTUALE AEROSPAZIALE

SSD ING-IND/15

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO: 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Studio ed uso delle metodologie più avanzate per la progettazione, la modellazione e la gestione di sistemi complessi di interesse aeronautico ed aerospaziale mediante software CAD 3D. Capacità di importare informazioni e gestire matematiche in ambiente CAD ed esportare modelli utili alle analisi FEM e multi-fisiche. Capacità di interpretare disegni complessi ed analizzare problemi di progettazione mediante approccio interdisciplinare. Soluzione di problemi di dimensionamento geometrico e stesura della relativa documentazione di progetto secondo ISO-GPS ed ASME-GD&T.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà presentare un'adeguata conoscenza delle tecniche avanzate di modellazione CAD per la prototipazione virtuale e per le successive analisi FEM.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di interpretare disegni complessi e analizzare problemi di progettazione mediante un approccio interdisciplinare.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[3 CFU] Tecniche di modellazione geometrica avanzate: Feature Based Modeling, Modellazione per superfici, Modellazione Ibrida, Knowledge Based Engineering, Direct Modeling. Curve e superfici di Hermite, Spline, Bézier, B-Spline, NURBS. Scambio-Dati tra sistemi CAx. Tecniche di Reverse Engineering. Algoritmi e software per la ricostruzione di curve e superfici a partire da nuvole di punti (Curve and Surface Fitting). Studio, progettazione e modellazione di assiemi meccanici ed aeronautici e riconoscimento di caratteristiche tecnologiche.

[3 CFU] Tolleranze geometriche, classificazione e designazione. Standard ISO-GPS ed ASME-GDT ed applicazioni in campo aeronautico. Modellazione di assiemi con approcci Bottom-Up e Top-Down. Modellazione CAD avanzata per la prototipazione virtuale dettagliata dei principali assiemi di un velivolo: Fusoliera (Nose, Cabin, Tail Cone), Ala, Impennaggi, Carrelli. Analisi e realizzazione al CAD di strutture con Longheroni, Ordinate, Correnti e Centine.

[3 CFU] Analisi e simulazione di cinematismi mediante CAD 3D. Principi di Design for Assembly. Impiego di manichini virtuali per analisi ergonomiche di progetto e di assemblaggio. Gestione di modelli CAD complessi mediante PDM (Product Data Management). Cenni sulle fasi di Pre-Processing e Post-Processing di analisi FEM. Esempi ed applicazioni in campo strutturale e fluidodinamico. Cenni su analisi multi-fisiche. Tecniche di resa fotorealistica. Equazione del Rendering. Algoritmi di Ray-Tracing e Radiosity.

MATERIALE DIDATTICO

Norme UNI, ISO, EN.



Temi di esercitazione e tutorial disponibili sul sito docente.

Mortenson M.E., "Modelli geometrici in Computer Graphics", McGraw-Hill Companies 1989.

Dispense del corso.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Il corso si fonda sull'equilibrio tra didattica frontale in aula ed esercitazioni di laboratorio al computer. In particolare, grazie all'uso di software CAD 3D specifici per il mondo aeronautico, gli allievi sono messi in grado di sviluppare complessi e dettagliati modelli CAD parametrici di velivoli o di parti di essi, gestiti poi mediante strumenti PDM. I modelli CAD 3D sviluppati permettono poi di svolgere attività multidisciplinari sulla base delle competenze acquisite nel corso mediante analisi ergonomiche, strutturali, fluidodinamiche e multi-fisiche.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza dello svolgimento di una prova grafica e delle risposte fornite dallo studente ai quesiti posti durante l'esame orale. Lo studente presenterà gli elaborati svolti al CAD durante il corso.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL METHODS FOR AIRCRAFT DESIGN

SSD ING-IND/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The course has the objective to show the numerical and experimental procedures for an accurate analysis of aircraft aerodynamics, stability, and control and to provide information on aircraft MDA(Multi-Disciplinary-Analysis)/MDO(Multi-Disciplinary-Optimization) frameworks. The numerical section provides details on the application of tools for aircraft aerodynamic analysis, load estimations and aircraft stability and control. The second part will deal with the detailed presentation of multi-disciplinary frameworks for aircraft MDA/MDO. The third part will cover experimental section and will present the procedures and the typical issues of aircraft wind tunnel testing. The course will provide about 10-16 hours of laboratory activities in the department main subsonic, closed-circuit, closed test-section wind tunnel.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic methodologies for an accurate analysis of aircraft aerodynamics, stability, and control. Students should learn also MDO theory and practice and state-of-the-art applications.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to develop a multidisciplinary analysis and optimization for the preliminary sizing of an aircraft. Students will also learn fundamental for wind-tunnel experiments applied to aircraft stability and control.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Motivational aspects of aircraft aerodynamic analysis and optimization for design and certification. Possible software for aircraft aerodynamic analysis, from simple 2-D cases to 3-D analysis. Limits and possible use of each tool.

[1CFU] Real applications. Aircraft drag polar, longitudinal, and lateral-directional stability and control, effects of Reynolds and Mach number.

[1 CFU] High lift devices, aerodynamic design, and analysis. Aero-propulsive interaction.

[1 CFU] General aspects on optimization problems and strategies (including pareto-front, scalarization).

[1 CFU] MDA/MDO frameworks for aircraft multi-disciplinary design, critical aspects.

[1CFU] Collaborative framework. Aircraft application and tools' integration. Practical applications.

[1 CFU] Aircraft wind tunnel testing. Different wind-tunnel for Reynolds and Mach envelope, measuring instrumentation, sensors, and processing of acquired data.

[1 CFU] Type of test, aircraft and airfoil model design and manufacturing. Uncertainty of measurements, correction of the experimental data and industrial use of results.



[1 CFU]. Real practical applications on aircraft model or components with measurements of drag polar, longitudinal, and lateral-directional stability and control, high lift. Possible applications on propulsive effects with small electric engines.

MATERIALE DIDATTICO

Slides and course notes. Academic or free-license software tools.
Martins, J, Ning, A, Engineering Design Optimization.
Low-speed wind-tunnel testing – Barlow, Rae, Pope.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures on theory and practical examples with software application. Laboratory activities in the department main subsonic, closed-circuit, closed test-section wind tunnel (10-16 hours).

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	X
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Examination includes a written report that the student will develop in group throughout the course, focused on both numerical and experimental activities.
This report is discussed during the oral exam.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

PRINCIPI DI PROGETTAZIONE DI SISTEMI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA RINNOVABILE DAL VENTO E DAL MARE

SSD ING-IND/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I E II
SEMESTRE: I
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso intende fornire agli allievi tutti gli elementi per comprendere il funzionamento completo di un sistema dedicato alla produzione di energia rinnovabile dal vento e dal mare.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza degli attuali sistemi per la produzione di energia rinnovabile dal vento e dal mare.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di conoscere la tecnologia e saper progettare gli elementi essenziali che costituiscono un sistema per la produzione di energia rinnovabile dal vento e dal mare anche con l'uso di codici open-source e/o di codici da essi sviluppati.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Metodi per quantificare l'energia disponibile nelle fonti primarie (vento, correnti di marea ed onde)

[2 CFU] Principi di conversione dell'energia dalla fonte primaria ad energia elettrica.

Principi di progettazione o di scelta dei vari elementi che costituiscono la catena di trasformazione

Principi di controllo per limitare la potenza massima

[2 CFU] Normative esistenti per la determinazione dei carichi e loro effetti sui componenti dei sistemi

Metodi per la valutazione dei costi del sistema completo e dell'energia prodotta

[1 CFU] Esempi applicativi di sistemi per la generazione di energia rinnovabile da: eolico onshore ed offshore, correnti di marea ed onde

MATERIALE DIDATTICO

Appunti delle lezioni.

Materiale bibliografico fornito a lezione.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni ed esercitazioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	X
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova orale e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale ed alla discussione dell'elaborato preparato (che non è obbligatorio)

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

PROPULSIONE SPAZIALE

SSD ING-IND/07

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: II

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di termofluidodinamica, gasdinamica e chimica. Conoscenze di base di elettromagnetismo.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso presenta i fondamenti della propulsione a razzo e discute concetti avanzati nella propulsione spaziale che riguardano endoreattori chimici ed elettrici. Gli argomenti, partendo dai requisiti delle missioni e dei sistemi di trasporto per l'accesso allo spazio, il volo orbitale e interplanetario, comprendono la descrizione della fisica e degli aspetti tecnologici dei propulsori. Questi includono motori a razzo di tipo chimico (a propellenti solidi, bipropellenti liquidi o ibridi, monopropellenti) e thruster elettrici. Questi ultimi comprendono i propulsori elettrotermici, elettrostatici ed elettromagnetici.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza degli aspetti scientifici e tecnologici alla base del funzionamento dei sistemi di propulsione spaziale.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di conoscere gli elementi essenziali per il dimensionamento preliminare di sistemi propulsivi termici ed elettrici, e per l'analisi delle relative prestazioni, anche tramite strumenti di simulazione numerica.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Definizioni e fondamenti della Propulsione Spaziale. Spinta e impulso specifico, velocità caratteristica e coefficiente di spinta, rendimenti. Classificazione dei propulsori spaziali. Missioni spaziali. Equazione di Tsiolkowskij. Indice strutturale e fattore di accrescimento per endoreattori convenzionali e non convenzionali. Pluristadi in serie e in parallelo. Stima del ΔV necessario per diversi tipi di missioni.

[2 CFU] Fondamenti scientifici e tecnologici di endoreattori convenzionali. Processo di combustione ed equilibrio chimico. Calcolo della temperatura adiabatica di combustione. Ugelli propulsivi e coefficiente di spinta. Dimensionamento di un ugello convergente-divergente. Ugelli non convenzionali. Scambio termico negli endoreattori, effetto sulle prestazioni e tecniche di raffreddamento (regenerative cooling, heat sink cooling, film cooling, raffreddamento ablativo, radiazione).

[4 CFU] Architetture di endoreattori convenzionali. Endoreattori a propellenti liquidi: caratteristiche dei propellenti; sistemi di alimentazione e cicli dei sistemi a turbopompe. Camere di spinta: iniettori, camere di combustione, sistemi di raffreddamento, accensione. Esempi di dimensionamento. Instabilità di combustione in razzi liquidi. Endoreattori a propellenti solidi: tipi di propellenti; definizioni fondamentali; velocità di regressione e stabilità della combustione; forma del grano; sistemi di accensione e ritardo all'accensione; dimensionamento di un endoreattore a propellenti solidi. Scelte di design tra endoreattori a propellenti solidi e liquidi. Endoreattori a propellenti ibridi: architetture e caratteristiche; tipici propellenti; velocità di regressione; dimensionamento;



attività di caratterizzazione sperimentale. Endoreattori monopropellenti: motori a idrazina; motori a perossido di idrogeno e protossido di azoto; catalizzatori. Lanciatori spaziali.

[2 CFU] Richiami di elettromagnetismo e cenni alla fisica dei plasmi. Endoreattori elettrotermici: resistojet, arc-jet thrusters. Endoreattori elettrostatici: propulsori ionici; cenni ad altre configurazioni. Endoreattori elettromagnetici. Propulsori ad effetto Hall: architetture, dimensionamento e analisi di prestazioni.

MATERIALE DIDATTICO

Slides del corso disponibili al sito webdocenti.

Sutton G.P., Biblarz O., Rocket Propulsion Elements, John Wiley & Sons Inc

Hill P., Peterson C., Mechanics and Thermodynamics of Propulsion, Ed. Pearson

Ward T.A., Aerospace Propulsion Systems, John Wiley & Sons Inc

Goebel D.M., Katz I., Fundamentals of Electric Propulsion: Ion and Hall Thrusters, John Wiley & Sons Inc

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni ed esercitazioni.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

SISTEMI RADAR

SSD ING-INF/03

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO:

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

INSEGNAMENTO INTEGRATO (EVENTUALE): NO

MODULO (EVENTUALE): -

CANALE (EVENTUALE): -

ANNO DI CORSO (I, II, III): I-II

SEMESTRE (I, II): I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dall'Ordinamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

Obiettivi dell'insegnamento sono fornire i concetti specialistici per il dimensionamento e l'analisi di sistemi radar in diversi contesti operativi, corredati da elementi dettagliati per modellare la fenomenologia del canale, dell'interferenza e del bersaglio radar. Ulteriore scopo è introdurre le principali tecniche di elaborazione del segnale radar sia nel dominio del tempo che in quello Doppler.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente deve dimostrare di conoscere le principali tipologie, configurazioni e modalità operative dei sistemi radar; deve essere in grado di applicare correttamente l'equazione radar per specifiche funzioni del sistema (quali ad esempio la ricerca e l'inseguimento). Deve inoltre sapere caratterizzare le prestazioni del radar dal punto di vista della probabilità di falso allarme e corretta rivelazione in presenza di diverse tipologie di bersagli (fluttuanti e non) e per differenti logiche di integrazione dei ritorni (ad esempio integrazione coerente e non). Deve comprendere le principali tecniche di elaborazione del segnale radar per la reiezione del clutter (sia nel dominio del tempo che in quello Doppler), per il controllo dei falsi allarmi e per la stima dei parametri del bersaglio.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente deve dimostrare di saper dimensionare i principali parametri del trasmettitore e del ricevitore di un sistema radar in diversi contesti operativi utilizzando modelli adeguati alla loro descrizione e ottimizzazione. Deve inoltre palesare capacità di caratterizzare le diverse funzionalità e modalità del radar. Deve essere in grado di selezionare gli schemi più opportuni per l'elaborazione del segnale radar con enfasi al filtraggio del clutter, alla rivelazione/stima dei parametri del bersaglio e al controllo dei falsi allarmi.

PROGRAMMA-SYLLABUS

Principi di funzionamento del radar ad impulsi e ad onda continua. Principali parametri, funzioni e applicazioni del radar. L'equazione radar e sue diverse forme. I processi di ricerca e inseguimento radar. Effetti atmosferici e loro correzione. Caratterizzazione del clutter. Caratterizzazione dei bersagli radar. Acquisizione e digitalizzazione del segnale radar. Rivelazione di bersagli e calcolo della probabilità di falso allarme e corretta rivelazione. Tecniche per il controllo dei falsi allarmi. Elaborazione Doppler. Segnali e codici radar. Tecniche per la stima dei parametri e l'inseguimento di bersagli.

MATERIALE DIDATTICO

Libri di testo:

M. A. Richards, J. A. Scheer, and W. A. Holmes: "Principles of Modern Radar: Basic Principles", Scitech, 2010.

M. Skolnik: "Radar Handbook", Third Edition, Mc Graw Hill, 2008.

G. Stimson: "Introduction to Airborne Radar", Third Edition, IET, 2014.

Dispense:

"Slide del corso", distribuite annualmente.

Approfondimenti:



MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

La didattica è erogata per il 100% con lezioni frontali, che includono sia teoria che esercitazioni al calcolatore.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
SPACECRAFT DYNAMICS AND CONTROL
SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

This course covers basic and advanced topics in attitude dynamics and control of satellites. Classic examples of control systems components, operation and design are presented and detailed to provide the basic knowledge essential to tackle more complex problems.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

The course aims at providing students with the knowledge and methodological tools necessary to analyze spacecraft dynamics and control. These tools will allow students to understand the causal connections between mission requirements and spacecraft dynamics and control, as well as the functional relationships among the various components of a control system. Students must demonstrate knowledge and understanding of the main problems related to the design of spacecraft dynamics control systems.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students must be able to apply the methodological tools learned in the course to the design, simulation and operation of spacecraft dynamics control systems. The course is therefore aimed at transmitting the ability to apply and concretely use the knowledge and methodological tools acquired for the design of spacecraft dynamics control systems.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Environmental Torques, Stabilization and Control techniques, Momentum Exchange Systems, Mass Movement Systems, Selection of actuators and control strategies for different missions and applications. Representative examples of attitude control.

[2 CFU] Design of a momentum-bias system, pitch loop and the roll/yaw stabilization. Design of a Control Moment Gyro, pitch loop and roll/yaw loop. Design of a reaction-wheel control system. Structural Dynamics and liquid sloshing effects. Practical Examples

[2 CFU] Design of an all-thruster system, duty-cycle analysis, attitude manoeuvres. Design of a Magnetic Control System, Magnetic Torquers, Three-axis attitude control, De-tumbling. Practical Examples

[1 CFU] Tethered satellite system dynamics and control. Practical Examples

MATERIALE DIDATTICO

Course notes distributed by the teacher.

Agrawal, Design of Geosynchronous Spacecraft, Prentice-Hall, 1986, ISBN-13: 978-0132001144.



Chobotov, V.A., Spacecraft attitude dynamics and control, 1991, Krieger, ISBN 0-89464-031-3.
Kaplan, M.H., Modern spacecraft dynamics & control, 1976, John Wiley & Sons, ISBN 0-471-45703-5.
Wertz, J.R., ed., Spacecraft attitude determination and control, 1980, D. Reidel, ISBN 9-027-71204-2.
MICHAEL J. RYCROFT & ROBERT F. STENGEL (ed.), Spacecraft Dynamics and Control, CAMBRIDGE AEROSPACE SERIES 7, 1998

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures, tutorials and exercises.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the score achieved by the student in the oral exam.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student..



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

SPACE EXPERIMENTS

SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II
SEMESTRE: II
CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica e fisica generale.

OBIETTIVI FORMATIVI

Lo studente acquisirà i concetti fondamentali riguardanti le problematiche scientifiche e ingegneristiche connesse all'esecuzione di esperimenti a bordo di piattaforme spaziali, con particolare riferimento agli aspetti che riguardano la ricerca in microgravità. Gli argomenti includono lo studio del comportamento dei fluidi in condizioni di gravità ridotta, la relativa modellazione e lo studio delle tecniche sperimentali disponibili a bordo di piattaforme spaziali.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza delle problematiche scientifiche e ingegneristiche connesse all'esecuzione di esperimenti a bordo di piattaforme spaziali.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di applicare i concetti acquisiti nell'ambito dello studio dei fenomeni che caratterizzano la sperimentazione a bordo di piattaforme spaziali, essere in grado di comprendere quali sono i principi fisici, le soluzioni tecnologiche e le metodologie teoriche, numeriche e sperimentali utilizzate per tali applicazioni.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1cfu] Introduzione all'utilizzo dello spazio e panoramica dei principali programmi scientifici spaziali. Ruolo dei ricercatori principali, delle industrie spaziali e delle agenzie. Prospettive storiche del volo spaziale umano.

[0.5 cfu] Organizzazione e attività delle Agenzie Spaziali. Attuali programmi spaziali governativi e commerciali. Motivazioni per la ricerca in microgravità.

[0.5 cfu] Principali campi di ricerca nelle Scienze dei fluidi, dei materiali e della vita e applicazioni correlate

[1 cfu] Piattaforme per la microgravità di breve e lunga durata: torri di lancio e tubi di caduta, voli parabolici su aerei, razzi sonda, piattaforme orbitali.

[1 cfu] Fondamenti di scienza dei fluidi. Comportamento dei fluidi e dei materiali nello spazio. Fluidodinamica di microgravità: capillarità, equazioni di equilibrio, analisi dell'ordine di grandezza ed esempi. Galleggiabilità e convezione guidata dalla tensione superficiale. Applicazioni tecnologiche: processi containerless.

[1 cfu] La Stazione Spaziale Internazionale (ISS). Elementi pressurizzati e non pressurizzati. Risorse di alloggio e utilizzo per i payload. Laboratorio Columbus. Impianti di microgravità.

[1 cfu] Operazioni scientifiche. Segmento di terra. Diagnostica ottica per fluidodinamica di microgravità.



MATERIALE DIDATTICO

SI VEDA SITO WEB DEL DOCENTE DELLA MATERIA

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche e di laboratorio

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

c) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

d) Modalità di valutazione:

Il voto finale è formulato dalla Commissione d'esame con riferimento al livello di conoscenza degli argomenti del corso da parte dello studente. La valutazione finale viene discussa ed evidenziata ad ogni studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

SPACE FLIGHT DYNAMICS

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: II
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The course is aimed at introducing the methods of space flight dynamics that are applied to real space systems. Starting from the basic knowledge linked to two-body mechanics, several topics will be covered in depth, including orbit perturbations analysis and propagation methods, orbital maneuvers, orbit maintenance approaches, and interplanetary trajectories.

Special emphasis will also be given to the study of relative dynamics in space and its application to distributed space systems, and to autonomous rendezvous and docking in missions such as on orbit servicing and active debris removal.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

The student should achieve an adequate knowledge of methods and phenomena related to space flight dynamics

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

The student must demonstrate that he/she is able to apply the concepts acquired in the study of the space flight dynamics with specific reference to orbital maneuvers, orbit maintenance, relative dynamics in space, orbit design

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Orbital maneuvers and launch constraints

[1 CFU] Fundamentals of orbit determination and estimation, introduction to space surveillance

[3 CFU] Orbit perturbations analysis:

- *General and special perturbation techniques. Orbit propagation methods and tools.*
- *Perturbation effects on different classes of Earth orbits.*

[1 CFU] Orbit maintenance for LEO and GEO satellites

[2 CFU] Relative motion in space:

- *Hill's equations and advanced mathematical models.*
- *Formation flying, on orbit monitoring, rendezvous and docking.*
- *Spaceborne collision avoidance strategies.*

[1 CFU] Fundamentals of interplanetary trajectories.



MATERIALE DIDATTICO

Slides, lecture notes, technical papers.

Main textbooks:

D.A. Vallado, Fundamentals of Astrodynamics and Applications, 4th ed., Springer Space Technology Library, 2013.

R. R. Bate, Fundamentals of Astrodynamics, Dover Publications, 1972.

V.A. Chobotov, Orbital Mechanics, AIAA Education Series, 2002.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures, tutorials, exercises.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) **Modalità di esame:**

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) **Modalità di valutazione:**

The final grade is formulated by the Examination Committee with reference to the level of the student's knowledge of the course topics.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

SPACE MISSION DESIGN

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: II

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

This course will provide students with the competences needed to perform the preliminary design of a space mission starting from assigned broad mission objectives. The aim is the preliminary design/selection of the main elements of the space mission architecture (e.g. space, launch and ground segment), and of the satellite (bus and payload) performing the assigned mission. To this end, the technological solutions and sizing procedures typical of space mission elements and satellite sub-systems are taken as reference, and the impact of different solutions and alternatives at system and sub-system level are evaluated. The course aims to familiarize students with the distinctive teamwork of space systems projects, with the organization in phases of the projects and with relevant concepts, such as: project review, critical path analysis, concurrent engineering, reliability and risk analysis, cost analysis, market analysis, design trade-off, etc.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the common procedures for designing a space mission.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to define and select the main elements of the space mission architecture versus the mission objectives and constraints.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[9 CFU] The course starts with introductory lessons in which the space mission design overall process is presented, using also practical examples, and a set of space mission design assignments (or project works) is proposed to the students divided into teams. The assignments may concern the design of different space missions, the design of the elements of a given space mission or the concurrent design of the same space mission. Then, interactive problem-solving lessons are started in which the students, organized in teams, present the identified solutions and the advancement status of the various project works for group discussion. For each assignment, at least two formal reviews are foreseen in which each team has to perform a power point presentation of the project work status: the MDR (Mission Definition Review) and the PRR (Preliminary Requirements Review). The PRR will take place at the end of the course.

MATERIALE DIDATTICO

J. R. Wertz , D.F. Everett, J.J. Puschell, Space Mission Engineering: The New SMAD, Space Technology Series, Space Technology Library Vol.28, Springer, 2011.

W. Ley, K. Wittmann, W. Hallmann, Handbook of Space Technology, John Wiley & Sons, 2009.

NASA Space Systems Engineering Handbook, NASA/SP-2007-6105 Rev1. ECSS Standards (<http://www.ecss.nl>).



C. D. Brown, Elements of Spacecraft Design, AIAA education series, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2002, ISBN 1563475243.

J. R. Wertz, W. J. Larson, Space mission analysis and design, Space Technology Library, Volume 8, Springer, 1999, ISBN 0792359011.

V. L. Pisacane, Fundamentals of space systems, Johns Hopkins University/Applied Physics Laboratory series in science and engineering, Oxford University Press US, 2005, ISBN 0195162056.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Oral lectures, tutorials, interactive lectures, use of open-source software for space mission analysis, cost analysis, etc., internet-based analysis.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The oral exam will concern the content of the project work and will be like a review conducted according to international standards. Each student of a given team shall be able to defend the content and design choices of the related project work, also by making use of computer presentations and multimedia files. The discussion will be managed by the teachers who will act as a customer.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

SPACE SYSTEMS

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The course provides the basic elements for the design of a space system in response to space mission requirements and objectives, with particular concern to the subsystems on board a satellite, in terms of mathematical and physical modeling of the subsystem behavior, technologies and development examples and solutions.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

The course aims at providing students with the knowledge and methodological tools necessary to analyze space systems. These tools will allow students to understand the causal connections between mission requirements and space system design, the functional relationships among the various subsystems of a satellite, and to grasp the implications on the design of a space system or subsystem deriving from the interaction with the space environment. Students must demonstrate knowledge and understanding of the problems related to the design of a space system and its components and subsystems.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students must be able to use a set of technical information concerning space systems and related components and subsystems to solve problems concerning their design and operation; to apply the methodological tools learned in the course to the design of a space system and its components. The course is therefore aimed at transmitting the ability to apply and concretely use the knowledge and methodological tools acquired for the design of a space system.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1.5 CFU] Elements of space system design and engineering: space program life-cycle, space mission architecture (mission objective and payload, space segment, ground segment, launcher), system and subsystem mass and power budgets, design margins. Exercise and practical design examples. Introductory elements on space qualification and ground testing

[1.5 CFU] The Space Environment and its interaction with the satellite and its subsystems: the atmosphere, the ionosphere, the magnetosphere, the radiation environment and its main effects on satellite units and subsystems, the thermal environment, the main perturbations acting on a satellite and their effects.

[6 CFU] Elements for the design of satellite subsystems: main subsystems/units and components of a satellite, architectures and technological solutions, operating principles, derivation of the design requirements from mission objectives. Simplified mathematical models for subsystem and component design: attitude and orbit control subsystem, electrical power subsystem, thermal control subsystem, telemetry and telecommunication subsystem, propulsion subsystem. Exercises and practical design examples. A set of design assignments (or project works) is also proposed to students divided in teams to be developed during the course.



MATERIALE DIDATTICO

Course viewgraphs and the following suggested textbooks:

Charles D. Brown, *Elements of Spacecraft Design*, AIAA education series 2002, ISBN 1563475243;

James Richard Wertz, Wiley J. Larson, *Space mission analysis and design*, Volume 8, Springer, 1999, ISBN 0792359011; James

Richard Wertz, *Spacecraft attitude determination and control*, Springer, 1978, ISBN 9027709599;

Vincent L. Pisacane, *Fundamentals of space systems*, Oxford University Press US, 2005, ISBN 0195162056.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lessons and exercises.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	X
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the project presentation and successive oral exam.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

STATISTICAL LAB FOR INDUSTRIAL DATA ANALYSIS

SSD SEC-S/02

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Statistical Lab for Industrial Data Analysis is a problem-based learning course whose aim is to train students on the application (illustrated through open-source statistical software environment R) of interpretable statistical techniques for decision-making, possibly scalable also up to big data frameworks. Every student must choose a data analysis project gathered along the course by experts in industrial engineering fields and develop it by working in team. The industrial engineering experts may want to take part to initial, intermediate and final workshops, where student groups shall show their project work in progress. In this way, students will have the opportunity to improve the ability of recognizing and implementing the most suitable statistical techniques to the problem at hand as well as of communicating relevant results and impact of their analysis also to non-statisticians.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students should learn the basic statistical techniques for the data analysis in an industrial framework.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to work in a team, to get the skills for the decision-making in a data analysis project.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[3CFU] Overview and course objectives. Description of multivariate data and inference about mean vectors. Elements of unsupervised learning: principal component analysis and clustering methods.

[3 CFU] Elements of supervised learning: problems in multivariate linear regression models; linear model selection and regularization (ridge regression, the lasso); reduction methods (principal components regression, partial least squares). Overview of classification methods.

[2 CFU] Statistical process monitoring and control: control charts for variables and attributes; the Hotelling control chart; regression adjustment; interpretation of out-of-control signals.

[1 CFU] Beyond multivariate data analysis: introduction to functional data analysis; statistical monitoring of functional data. Engineering examples through software environment.

MATERIALE DIDATTICO

Johnson, R.A., Wichern, D.W. (2007) Applied Multivariate Statistical Analysis (6th edition), Prentice Hall, Upper Saddle River.

Montgomery, D. C. (2014) Introduction to Statistical Quality Control. 7th edition. John Wiley & Sons.



James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R. (2013) An introduction to statistical learning. New York: Springer.
MOOC Industry 4.0 Big Data e Data Analytics III - a cura di B. Palumbo e M. L. Chiusano (2019)
<https://landing.federica.eu/industria40/>.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Problem-based learning. Flipped classroom. Lectures. Lab Sessions and Seminars. Peer-grading. Team work. Interactive and anonymous quiz games.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	x
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee according to the scores achieved by the student in the the peer-graded project discussion, the written exam and the successive discussion during the oral exam. The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEMA DELL'INSEGNAMENTO (SI)
STRUTTURE AEROSPAZIALI AVANZATE
SSD ING-IND/04

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:
TELEFONO:
EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I
SEMESTRE: I
CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

Conoscenze di base di matematica, costruzioni e strutture aerospaziali.

OBIETTIVI FORMATIVI

Il corso ha l'obiettivo di fornire i concetti essenziali per il calcolo strutturale numerico agli elementi finiti, sia per la statica che per la dinamica strutturale. Sono presentati gli elementi di base per la discretizzazione e la modellazione delle tipologie strutturali di interesse aerospaziale per consentire ai futuri ingegneri aerospaziali la capacità di analizzare e risolvere il comportamento statico e dinamico delle strutture tipiche aerospaziali con esempi di specifiche applicazioni pratiche. Sono altresì affrontate le problematiche legate alla valutazione del comportamento non-lineare delle strutture, sia dal punto di vista statico che dinamico, tenendo in conto sia le non linearità geometriche, che quelle connesse al comportamento non lineare dei materiali.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza delle comuni metodologie per l'analisi statica e dinamica, lineare o non-lineare, di strutture aerospaziali.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di condurre in autonomia un'analisi statica e dinamica dei tipici elementi strutturali dell'ingegneria aerospaziale e di saperne, quindi, sviluppare una corretta progettazione.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Il comportamento statico delle strutture con il metodo degli elementi finiti. Modellazione e discretizzazione. Il calcolo e l'assemblaggio della matrice di rigidità. Il calcolo della sollecitazione e la verifica di resistenza.

[1 CFU] Gli elementi monodimensionali, bi- e tri-dimensionali. Gli elementi isoparametrici.

[2 CFU] Introduzione alla Dinamica delle Strutture. Modelli a caratteristiche concentrate. Modelli continui. Principio di Hamilton. Equazioni di Lagrange. Equazioni del moto delle vibrazioni libere in coordinate generalizzate e modali e loro soluzione con l'approccio dell'Analisi Modale. L'ortogonalità dei modi propri. Lo smorzamento nelle strutture. Modelli di smorzamento. Analisi modale reale e complessa.

[2 CFU] Risposta Dinamica delle strutture a varie tipologie di forzanti (periodiche, transitorie e random). La soluzione delle equazioni del moto con approccio diretto.

[1 CFU] Formulazione generale di un problema non-lineare. Introduzione ai metodi di analisi non lineare. Non linearità nella relazione tensioni-deformazioni (plasticità, creep, etc.). Non linearità nella relazione deformazione-spostamenti (Problemi di non linearità geometrica) per piastre sottili a comportamento misto. La



schematizzazione delle non linearità dei materiali. Matrice geometrica. Matrice di rigidezza tangente. Analisi e confronti con i casi di comportamento lineare.

[1 CFU] Relazioni costitutive e impostazione del calcolo numerico per un problema dinamico non-lineare. La caratterizzazione dell'elemento finito non lineare. Altre tipologie di modelli non lineari.

[1 CFU] La dinamica delle strutture rotanti.

MATERIALE DIDATTICO

Appunti delle lezioni.

Cook R.D., Malkus D.S., Plesha M.E., Witt R.J., "Concepts and Applications of Finite Element Analysis", 4th edition, John Wiley & Sons, Inc., 2002.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni frontali per l'introduzione alle metodologie di calcolo.

Uso di software commerciali agli elementi finite.

Preparazione di codici di calcolo, tipicamente in linguaggio Matlab, per applicazione del metodo agli elementi finiti.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova scritta e dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati durante la prova orale.

Lo studente può preparare una tesina da discutere in sede di esame. Questa attività è facoltativa.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

TURBOLENZA

SSD ING-IND/06

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 6



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

Lo scopo del corso è l'introduzione dello studente alla turbolenza in fluidodinamica. Oltre allo studio teorico verranno introdotti i metodi teorico-numeriche che, allo stato dell'arte attuale, consentono l'analisi e progettazione fluidodinamica in problemi in cui la turbolenza è dominante. Il corso sarà caratterizzato anche da alcune ore di laboratorio computazionale.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata comprensione e conoscenza delle metodologie di modellazione dei fenomeni fluidodinamici turbolenti.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado effettuare lo studio dei fenomeni turbolenti utilizzando i modelli teorico-numeriche introdotti durante il corso.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[3 CFU] Fondamenti, esempi ed applicazioni. Equazioni mediate. Flussi limitati da pareti: canali e strato limite. Descrizione statistica dei moti turbolenti.

[3 CFU] Introduzione al calcolo della turbolenza. Simulazione diretta. Large Eddy Simulation. Modelli RANS a una e due equazioni. Modelli RANS per la previsione di flussi termici. Il modello V2F. Modelli algebrici e RSM. Accenni ai modelli ibridi RANS/LES.

MATERIALE DIDATTICO

S.Pope, Turbulent flows, Cambridge University Press, 2000.
Lucidi delle lezioni.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni; esercitazioni che richiedono l'uso sia di personal computers.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'esito della prova orale.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

SSD ING-IND/05

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA AEROSPAZIALE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: II

SEMESTRE: I

CFU: 9



INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

-

EVENTUALI PREREQUISITI

-

OBIETTIVI FORMATIVI

The course is intended to provide a basic knowledge about architecture and operation of Unmanned Aircraft Systems (UAS), dealing in particular with UAS classification, regulations, sensors and data fusion algorithms, autonomous guidance, navigation and control, communication and data links, ground stations.

Special emphasis is given to enabling technologies for autonomous flight and UAS integration in the civil airspace, such as ground-based and airborne sense and avoid systems.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Students will learn basic information about architecture and operations of Unmanned Aircraft Systems, with emphasis on autonomous flight and communications, navigation and surveillance technologies.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Students will be able to apply their knowledge on Unmanned Aircraft Systems to design, develop, or select architectures and technologies that fulfill specific mission objectives, also accounting for airspace integration.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[1 CFU] Introduction. Definitions and principles.

UAS Configurations and Applications: Military & Civilian Roles. Evolution, current and future systems.

[5 CFU] UAS Onboard Systems:

- *Overview of UAS payloads*
- *Onboard navigation systems and landing aids*
- *Vision-based applications and techniques, vision-aided navigation*
- *Basics of data fusion and airborne tracking systems*
- *UAS planning, guidance, and control*

o fixed wing - architecture and algorithms of UAS autopilots: path planning, path management, guidance (trajectory tracking, path following), autopilot control loops

o rotary wing - dynamics and control of multicopter systems, planning and guidance approaches

o exercises and practical examples of small UAS guidance navigation and control with ad hoc software tools.

[1 CFU] UAS communications and ground control systems

UAS ground stations and human factors, levels of automation, mission planning systems.

[2 CFU] Regulations and airspace integration



Current UAS operations, cooperative and non-cooperative separation assurance and collision avoidance systems, ground-based and airborne sense and avoid systems and algorithms. Practical anti-collision system design examples.

MATERIALE DIDATTICO

Slides, lecture notes, technical papers.

Textbooks:

- J. Gundlach, Designing Unmanned Aircraft Systems: A Comprehensive Approach, AIAA Education Series, 2012.
- R. Austin, Unmanned Aircraft Systems: UAVs Design, Development and Deployment, Wiley, 2010.
- R.W. Beard, T.W. McLain, Small Unmanned Aircraft: Theory and Practice, Princeton University Press, 2012.
- R.W. Beard, Quadrotor dynamics and control, lecture notes, 2008.
- S. Blackman, R. Popoli, Design and analysis of modern tracking systems, Artech House, 1999.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lectures, tutorials, exercises.

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	X
solo scritta	
solo orale	
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	X
	Esercizi numerici	X

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

The final grade is formulated by the Examination Committee with reference to the level of the student's knowledge of the course topics.

The final evaluation is discussed and highlighted to each student.



SCHEDA DELL'INSEGNAMENTO (SI)

SISTEMI DI PROPULSIONE IBRIDI

SSD ING-IND/08

DENOMINAZIONE DEL CORSO DI STUDIO: INGEGNERIA MECCANICA PER L'ENERGIA E L'AMBIENTE

ANNO ACCADEMICO 2023-24

INFORMAZIONI GENERALI - DOCENTE

DOCENTE:

TELEFONO:

EMAIL:

SI VEDA SITO WEB DEL CORSO DI STUDI

INFORMAZIONI GENERALI - ATTIVITÀ

ANNO DI CORSO: I

SEMESTRE: II

CFU: 6

INSEGNAMENTI PROPEDEUTICI (se previsti dal Regolamento del CdS)

Nessuno

EVENTUALI PREREQUISITI

Nessuno

OBIETTIVI FORMATIVI

Il Corso ha l'obiettivo di approfondire lo studio di sistemi di propulsione per autotrazione di ultima generazione, per una mobilità sostenibile dal punto di vista energetico ed ambientale. Con riferimento a sistemi propulsivi per la trazione veicolare urbana ed extraurbana, si approfondiranno in particolare le metodologie più recenti disponibili per la riduzione dei consumi e delle emissioni. Il Corso fornirà un approfondimento circa le architetture dei sistemi di propulsione, anche in relazione al relativo grado di ibridizzazione. Verrà descritto il principio di funzionamento di ciascun sottocomponente del sistema propulsivo (batteria, macchine elettriche, motore a combustione interna, fuel cell, cambio, etc.). Il corso metterà in luce le complesse interazioni tra i diversi sottosistemi che compongono un moderno sistema di propulsione, al fine di conseguire specifici obiettivi in termini di prestazioni e consumi di combustibile e/o energia elettrica. Si definiranno le linee guida per l'identificazione delle strategie di controllo dei flussi energetici in sistemi di propulsione ibrida (serie, parallelo e loro svariate combinazioni). Le nozioni teoriche circa il controllo e la gestione energetica del sistema propulsivo verrà sperimentato mediante l'utilizzo di codici di calcolo. Sono previsti seminari integrativi tenuti da personale di aziende leader nel settore, o di centri di ricerca.

RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI (DESCRITTORI DI DUBLINO)

Conoscenza e capacità di comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di aver raggiunto un'adeguata conoscenza dei moderni sistemi di propulsione ibridi con riferimento alle prestazioni e consumi.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Lo studente dovrà dimostrare di essere in grado di analizzare i sottosistemi che compongono i moderni sistemi di propulsione ibridi e guidarne le scelte progettuali.

PROGRAMMA-SYLLABUS

[0.5 CFU] Situazione attuale e prospettive future dei sistemi propulsivi di ultima generazione compatibili con una mobilità sostenibile dal punto di vista energetico ed ambientale.

[0.5 CFU] Classificazione dei sistemi di propulsione ibrida (serie/parallelo/schemi avanzati).

[1.0 CFU] Descrizione e principio di funzionamento dei componenti di un sistema di propulsione ibrido, quali batteria, macchina elettrica, trasmissione, cambio, etc.

[1.0 CFU] Fondamenti di fuel cell: descrizione, principio di funzionamento, gestione dei flussi elettrici e di gas.

[0.5 CFU] Modalità operative per le diverse architetture propulsive ibride (trazione termica, trazione elettrica, trazione ibrida, ricarica batteria, frenata rigenerativa).

[1.5 CFU] Strategie di controllo dei flussi energetici. Strategie euristiche e basate sull'ottimizzazione. Dynamic programming, Principio del minimo di Pontryagin, ECMS. Varianti adattative delle strategie.

[1.0 CFU] Esempi applicativi mediante codice di calcolo delle strategie di controllo euristiche e bastate sull'ottimizzazione.

MATERIALE DIDATTICO

Dispense e slides del corso.

MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELL'INSEGNAMENTO

Lezioni e seminari integrativi

VERIFICA DI APPRENDIMENTO E CRITERI DI VALUTAZIONE

a) Modalità di esame:

L'esame si articola in prova	
scritta e orale	
solo scritta	
solo orale	X
discussione di elaborato progettuale	
Altro	

In caso di prova scritta i quesiti sono (*)	A risposta multipla	
	A risposta libera	
	Esercizi numerici	

(*) È possibile rispondere a più opzioni

b) Modalità di valutazione:

Il voto è formulato dalla Commissione d'Esame sulla base dell'adeguatezza delle risposte fornite dallo studente ai quesiti che gli sono stati formulati.

Il voto finale è, inoltre, opportunamente motivato allo studente.