



Università degli Studi di Enna "Kore"

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Anno Accademico 2017 - 2018

A.A.	Settore Scientifico Disciplinare		CFU	Insegnamento	Ore di aula		Mutuazione	
2017/18	ING-IND/06		9	Aerodinamica	72		NO	
Classe	Corso di studi			Tipologia di insegnamento	Anno di corso e Periodo		Sede delle lezioni	
L9	Ingegneria Aerospaziale			Caratterizzante	II Anno Primo Semestre		Facoltà di Ingegneria e Architettura - UNIKORE	
N° Modulo	Nome Modulo	Tipologia lezioni	Ore	Docente	SSD	Ruolo	Interno	Affidamento
1	Unico modulo di insegnamento	Attività didattica frontale, esercitazioni, laboratorio	72	Antonio Esposito, antonio.esposito@unikore.it, 3337927163	ING-IND/06	RTD	SI	Istituzionale

Prerequisiti

L'allievo dovrà avere conoscenze di analisi e fisica matematica di base, con particolare riferimento a quelle nozioni quali i principi della cinematica e dinamica del moto, nonché i concetti di derivazione ed integrazione di funzioni matematiche. Pur non essendo formalmente richiesta alcuna propedeuticità, lo studio approfondito di tali materie di base rappresenta un requisito importante per la comprensione del corso.

Propedeuticità

Nessuna.

Obiettivi formativi

Obiettivo del corso è fornire allo studente la capacità di valutare il comportamento aerodinamico di corpi di forma diversa ed in particolare di utilizzare le metodologie aeronautiche classiche di previsione dei carichi per configurazioni aerodinamiche, tipicamente rappresentate da ali in moto subsonico. Altro obiettivo sarà quello di identificare le performance e le caratteristiche di ali rotanti tramite le teorie fisico-matematiche per lo studio prestazionale di un'elica. Il corso presenta i fondamenti dell'aerodinamica a partire dall'individuazione delle equazioni differenziali che governano la dinamica di un fluido in moto. Nel corso sono illustrati sia gli aspetti fenomenologici sia gli strumenti concettuali ed i modelli matematici necessari per trattare correnti attorno a profili alari ed ali finite in funzione dei diversi regimi: subsonico, transonico e supersonico. Vengono illustrate le nozioni



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

fondamentali riguardanti la fenomenologia delle correnti separate, prodotte da corpi aerodinamici in condizioni di alta incidenza e dai cosiddetti “corpi tozzi”. Vengono caratterizzati i flussi supersonici e i metodi matematici di approccio nonché i fenomeni fisici della nascita ed evoluzione delle onde d’urto normali e oblique su corpi aerodinamici.

Risultati di apprendimento (Descrittori di Dublino):

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

Conoscenza e capacità di comprensione:

Il corso intende fornire le conoscenze di base della Meccanica dei Fluidi, siano essi incomprimibili e/o comprimibili. Il corso intende fornire le conoscenze di base per la comprensione dell’interazione tra un flusso d’aria ed un corpo solido, con particolare riferimento all’analisi dei meccanismi di generazione delle forze aerodinamiche (portanza e resistenza), al fine di fornire agli studenti gli strumenti fondamentali per lo studio, la comprensione e la valutazione degli elementi che stanno alla base delle valutazioni progettuali in tema di progettazione di ali ed eliche. Vengono, inoltre, fornite le conoscenze per lo studio dei fluidi comprimibili all’interno di condotte quasi-unidimensionali, le quali costituiscono la base per la progettazione degli ugelli di scarico. Vengono presentate le leggi e le equazioni fondamentali della meccanica dei fluidi incomprimibili, il moto a potenziale di velocità, la teoria dello strato limite, le teorie classiche dei profili alari, delle ali finite e lo studio dell’aerodinamica dei corpi tozzi per terminare con lo studio aerodinamico delle eliche aeronautiche.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate:

Fornire allo studente le nozioni di base per l’analisi delle problematiche inerenti lo studio aerodinamico dei corpi rigidi, con particolare riferimento ad ali ed eliche e la progettazione degli ugelli di scarico. Fornire le basi per lo studio termo-fluidodinamico di un sistema. Valutare gli aspetti generali che riguardano la progettazione aerodinamica di base in relazione alla progettazione e gestione di un velivolo attraverso la predisposizione di esercitazioni che facciano emergere la capacità dello studente di portare a termine un’analisi quantitativa del sistema oggetto di studio (valutazione quantitativa dell’efficienza di un’ala e/o delle caratteristiche ottimali di un’ala, etc)

Autonomia di giudizio:

L’attività tecnico pratica del corso pone gli studenti di fronte alle scelte tipiche della progettazione ingegneristica. Gli studenti dovranno formarsi alla determinazione delle scelte progettuali in aerodinamico (analisi e valutazione delle forze aerodinamiche), valutare le alternative tecniche, le implicazioni ed assumere su se stessi la responsabilità della scelta progettuale, attraverso un percorso di responsabilizzazione della scelta progettuale.

Abilità comunicative:

Le esercitazioni andranno discusse in aula e durante i ricevimenti individuali e la giustificazione delle scelte progettuali sarà oggetto dell’esame. Per questa ragione, gli studenti dovranno essere capaci di esporre e difendere le proprie scelte progettuali e le modalità di calcolo impiegate.

Capacità di apprendere:

Il corso prevede che gli studenti, pur avendo alcuni testi principali da cui poter attingere per lo studio, debbano raccogliere informazioni e conoscenze da una molteplicità di fonti che, lezione per lezione, saranno indicate al fine di comporre la propria formazione. Questo aspetto è particolarmente



importante nella logica dell'evoluzione della disciplina che richiederà ai futuri ingegneri una continua formazione e specializzazione.

Contenuti e struttura del corso

N. ARGOMENTO	TIPOLOGIA	DURATA
1 <i>Richiami di Fisica matematica: Grandezze scalari, vettoriali e tensoriali. Prodotto scalare e vettoriale. L'operatore nabla, gradiente, divergenza, rotore, laplaciano. Teoremi di Gauss e Stokes. Campi solenoidali e campi irrotazionali. Identità vettoriali.</i>	Frontale	3h
2 <i>Definizioni fondamentali: densità, pressione, gas perfetto, calori specifici, velocità del suono, viscosità.</i>	Frontale	3h
3 <i>Le equazioni del moto: Descrizione euleriana e lagrangiana. Derivata materiale. Moto rigido e di deformazione. Teorema del trasporto di Reynolds. Bilancio di massa. Bilancio di quantità di moto. Equazioni di Navier-Stokes. Bilancio dell'energia. Adimensionalizzazione delle equazioni del moto e principali numeri adimensionali.</i>	Frontale	8h
4 <i>Il fluido ideale: Equazione di Bernoulli. Moto irrotazionale. Moti a potenziale. Principali tipo di moto a potenziale: corrente uniforme, pozzo e sorgente, doppietta, vortice. Flusso potenziale intorno ad un cilindro circolare. Nascita delle forze aerodinamiche. Portanza e resistenza. Teorema di Kutta-Joukowski.</i>	Frontale	11h
5 <i>Dinamica della vorticità: Teorema di Kelvin. Teoremi di Helmholtz. Equazione della vorticità. Ruolo del termine di stretching e tilting.</i>	Frontale	2h
6 <i>I profili alari: Ipotesi di Kutta. Il foglio vorticoso. Condizione di Kutta. Teoria di Glauert sui profili sottili e poco ricurvi. Stallo e ipersostentatori. Profili NACA.</i>	Frontale	6h
7 <i>L'ala di apertura finita: Geometria dell'ala: allungamento, forma in pianta, rapporto di rastremazione. Sistema di vortici per l'ala. Velocità indotta e incidenza indotta. Teoria della linea portante. Resistenza indotta. Polare dell'ala</i>	Frontale	6h
8 <i>Lo strato limite: Origine dello strato limite. Strato limite su lastra piana. Approssimazione delle equazioni del moto. Spessori caratteristici. Resistenza della lastra piana. Cenni di transizione laminare-turbolento e strato limite turbolento. Separazione dello strato limite.</i>	Frontale	6h
9 <i>Effetti della comprimibilità: Calcolo della velocità del suono. Numero di Mach. Propagazione dei disturbi in subsonico e supersonico. Flussi quasi 1-D. Grandezze di ristagno, critiche e limite. Flussi omentropici. Funzionamento degli ugelli. Onda d'urto normale. Gallerie supersoniche. Flussi con piccole</i>	Frontale	13h



Università degli Studi di Enna "Kore"
Facoltà di Ingegneria e Architettura

perturbazioni. Potenziale di perturbazione. Profili alari subsonici. Teoria di Prandtl-Glauert. Profili alari supersonici. Teoria di Ackerett. Forma ottimale dei profili supersonici. Espansione intorno ad una parete. Urti obliqui.

10	<i>Il velivolo completo: Cenni sull'aerodinamica della fusoliera, la coda, la configurazione canard, stima della polare del velivolo completo. Cenni sui metodi a pannelli</i>	Esercitazione	2h
11	<i>Le eliche: Principi fondamentali: Teoria delle ali rotanti. Teoria impulsiva semplice e generale per l'elica. Parametri geometrici e di progetto ed interazione di questi con le performance in termini di trazione, potenza e rendimento. Fasi e campi di applicazione dell'elica aeronautica. Diagrammi caratteristici e di progetto di un propulsore ad elica. Teoria degli elementi della pala. Calettamento alto/basso, angolo di inversione, angolo di attacco, velocità di rotazione, Slittamento dell'elica, Forze aerodinamiche, centrifughe e di spinta, Coppia, Flusso d'aria relativo sull'angolo di attacco della pala. Vibrazione e risonanza. Struttura dell'elica: Metodi costruttivi e materiali utilizzati per le eliche in legno, composite e metalliche, Punto stazione sulla pala, collo della pala, dorso della pala e mozzo. Eliche a passo fisso, a passo variabile, a velocità costante. Gruppo elica/ogiva. Controllo del passo dell'elica: Metodi di controllo della velocità e di variazione del passo, sistemi meccanici ed elettrici/elettronici. Messa in bandiera e passo negativo. Sincronizzazione delle eliche: Equipaggiamento di sincronizzazione e di messa in fase. Protezione delle eliche contro il ghiaccio: Equipaggiamento antighiaccio fluido ed elettrico.</i>	Frontale	12h

Testi consigliati

Testi principali:

J.D. Anderson, *Fundamentals of Aerodynamics*, Mc Graw Hill, Third Edition
G. Graziani, *Aerodinamica*, Casa Editrice Sapienza, 2009

Materiale didattico a disposizione degli studenti:

Il docente fornisce dispense su ciascun argomento del corso al termine di ogni lezione frontale

Testi di riferimento per certificazione EASA PART 66:

TTS – Integrated Training System, Module 11A Turbine Aeroplane Aerodynamics, Structures and Systems for EASA PART 66 – Licence Category



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

B1 and B2, Volume 1-2.

TTS – Integrated Training System, Module 13 Aircraft Aerodynamics, Structures and Systems for EASA PART 66 – Licence Category B1 and B2, Volume 1-2.

TTS – Integrated Training System, Module 17 Propeller for EASA PART 66 –Licence Category B1 and B2.

Modalità di accertamento delle competenze

La verifica delle conoscenze apprese dagli allievi si svolgerà attraverso un ESAME ORALE finale con domande che possono spaziare su tutti gli argomenti del corso, sia teorici che pratici, descritti puntualmente nella presente scheda.

L'accesso all'esame orale non è soggetto a nessun accertamento preventivo o in itinere e la sua durata è indicativamente pari a 30 minuti.

Orari di lezione e date di esame

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

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

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

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

Modalità e orari di ricevimento

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

<http://www.unikore.it/index.php>

Note

Nessuna.