



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"

Facoltà di Ingegneria ed Architettura

Anno Accademico 2021/2022

Corso di studi in Ingegneria Aerospaziale, classe di laurea L-9

Insegnamento	AERODINAMICA
CFU	9
Settore Scientifico Disciplinare	ING-IND/06
Metodologia didattica	Attività didattica frontale ed esercitazioni
Nr. ore di aula	72
Nr. ore di studio autonomo	153
Nr. ore di laboratorio	0
Mutuazione	NO
Annualità	II
Periodo di svolgimento	I semestre

Docente	E-mail	Ruolo ⁱ	SSD docente
Antonio Esposito	Antonio.esposito@unikore.it	RTD	ING-IND/03

Propedeuticità	Nessuna
Sede delle lezioni	Plesso di Ingegneria ed Architettura

Moduli			
N.	Nome del modulo	Docente	Durata in ore
1	Unico modulo di insegnamento	Antonio Esposito	72

Orario delle lezioni

L'orario delle lezioni sarà pubblicato sulla pagina web del corso di laurea:

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

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. 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 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.

Contenuti del Programma

- 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.
- Definizioni fondamentali: densità, pressione, gas perfetto, calori specifici, velocità del suono,

viscosità.

- 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.
- 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.
- Dinamica della vorticità: Teorema di Kelvin. Teoremi di Helmholtz. Equazione della vorticità. Ruolo del termine di stretching e tilting.
- I profili alari: Ipotesi di Kutta. Il foglio vorticoso. Condizione di Kutta. Cenni sulle trasformazioni conformi. Teoria di Glauert sui profili sottili e poco ricurvi. Stallo e ipersostentatori. Profili NACA. Cenni sul metodo dei pannelli.
- 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
- 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.
- Effetti della comprimibilità: Calcolo della velocità del suolo. 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 perturbazioni. Potenziale di perturbazione. Profili alari subsonici. Profili alari supersonici. Forma ottimale dei profili supersonici. Espansione intorno ad una parete. Urti obliqui.
- Il velivolo completo: Cenni sull'aerodinamica della fusoliera, la coda, la configurazione canard, stima della polare del velivolo completo.

Risultati di apprendimento (descrittori di Dublino)

I risultati di apprendimento attesi sono definiti secondo i parametri europei descritti dai cinque descrittori di Dublino.

1. 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.

2. 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)

3. 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.
4. 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.
5. 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.

Testi per lo studio della disciplina

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

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 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.

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.

Date di esame

L'orario delle lezioni sarà pubblicato sulla pagina web del corso di laurea:

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

Modalità e orario di ricevimento

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

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

Gli incontri con gli studenti possono essere organizzati anche su richiesta inviando comunicazione all'indirizzo mail del docente.

ⁱ PO (professore ordinario), PA (professore associato), RTD (ricercatore a tempo determinato), RU (Ricercatore a tempo indeterminato), DC (Docente a contratto).