



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"

Facoltà di Ingegneria e Architettura

Anno Accademico 2022/2023

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

Insegnamento	Motori per Aeromobili
CFU	9
Settore Scientifico Disciplinare	Ing-Ind/07 Propulsione aerospaziale
Nr. ore di aula	72
Nr. ore di studio autonomo	153
Nr. ore di laboratorio	0
Mutuazione	no
Annualità	no
Periodo di svolgimento	II semestre

Docente	E-mail	Ruolo ⁱ	SSD docente
Davide Tumino	davide.tumino@unikore.it	PA	Ing-Ind/15

Propedeuticità	No
Prerequisiti	L'allievo deve possedere conoscenze di aerodinamica e di termodinamica di base.
Sede delle lezioni	Centro di ricerca MARTA

Moduli

N.	Nome del modulo	Docente	Durata in ore
----	-----------------	---------	---------------

Orario delle lezioni

L'orario delle lezioni sarà pubblicato sulla pagina web del corso di laurea:
unikore.it/ingegneria-aerospaziale-home

Obiettivi formativi

Il Corso si propone di fornire all'allievo i fondamenti fisici alla base del funzionamento di un sistema propulsivo aerospaziale. E' descritto il ciclo termodinamico di un propulsore di tipo termico ed è trattata la aerotermodinamica unidimensionale dei condotti rigidi e delle turbomacchine allo scopo di fornire una conoscenza di base del funzionamento di tutti i sistemi propulsivi aerospaziali attuali e futuri. Vengono individuate le condizioni di funzionamento ottime e illustrato il funzionamento fuori progetto. Il Corso fornisce agli allievi la conoscenza delle principali configurazioni di aeroreattori attualmente utilizzati e proposti per il futuro con particolare riguardo alla individuazione dei parametri propulsivi che li caratterizzano, mettendoli in grado di sapere operare la scelta del sistema propulsivo più adatto per una assegnata missione.

Contenuti del Programma

N.	ARGOMENTO	TIPOLOGIA	DURATA
1	<i>Introduzione al corso, propulsione e spinta, fonti energetiche, classificazione motori aeronautici. Richiami di aerodinamica,</i>	Frontale	3h

	<i>gas perfetti, velocità del suono, moti quasi monodimensionali, leggi di conservazione, grandezze critiche, legge delle aeree, portata critica.</i>		
2	<i>Prestazioni dei propulsori a getto e ad elica, potenza disponibile, del getto e propulsiva, rendimenti, consumi specifici, autonomia.</i>	Frontale	3h
3	<i>Esercizi sul calcolo della spinta e delle prestazioni dei motori aeronautici</i>	Esercitazione	2h
4	<i>Ciclo turbogas, ciclo Brayton ideale, rendimento ideale, lavoro utile, ciclo Brayton reale, rendimento reale.</i>	Frontale	3h
5	<i>Esercizi sul ciclo turbogas</i>	Esercitazione	2h
6	<i>Il turbogetto semplice, calcolo di prestazioni e rendimenti del turbogetto semplice a punto fisso ed in volo.</i>	Frontale	3h
7	<i>Esercizi sul turbogetto semplice</i>	Esercitazione	3h
8	<i>Turbofan a doppio flusso, calcolo di prestazioni e rendimenti di turbofan a flussi separati.</i>	Frontale	3h
9	<i>Calcolo di prestazioni e rendimenti di turbofan a flussi associati e confronto con turbofan a flussi separati.</i>	Frontale	3h
10	<i>Esercizi sui turbofan a doppio flusso</i>	Esercitazione	3h
11	<i>Metodi per aumentare la spinta, il postcombustore, problematiche della camera di postcombustione, ciclo e prestazioni.</i>	Frontale	2h
12	<i>Turboelica, ciclo e prestazioni, ripartizione ottimale della potenza, confronto con turbogetto, pregi e limiti.</i>	Frontale	3h
13	<i>Esercizi su turbogetto con postcombustore e turboelica</i>	Esercitazione	3h
14	<i>Statoreattore o Ramjet, svantaggi e vantaggi, cicli ideali e reali, prestazioni e impieghi. Cenni su statoreattori a combustione supersonica (Scramjet)</i>	Frontale	2h
15	<i>Camera di combustione, iniettori, configurazioni, limiti di infiammabilità, stabilizzazione della fiamma.</i>	Frontale	2h
16	<i>Presa d'aria, presa subsonica, presa supersonica, ugello convergente, ugello divergente, portata massima, inversori di spinta.</i>	Frontale	3h
17	<i>Classificazione turbomacchine, equazione di Eulero, grado di reazione, triangoli di velocità.</i>	Frontale	3h
18	<i>Rendimenti adiabatici dello stadio e globale, equilibrio radiale, flusso a vortice libero, mappe caratteristiche del compressore, stallo rotante, avviamento.</i>	Frontale	3h
19	<i>Compressore centrifugo, caratteristiche del diffusore. Turbina radiale centripeta.</i>	Frontale	3h
20	<i>Turbomacchine assiali. Compressore assiale, triangoli di velocità al variare di R, criterio di De Haller, effetto blockage, stima del numero di stadi, stallo rotante e surge. Turbina assiale, triangoli di velocità, sistemi di raffreddamento, film cooling.</i>	Frontale	3h
21	<i>Dimensionamento di massima di un compressore centrifugo</i>	Esercitazione	2h
22	<i>Dimensionamento di massima di un compressore assiale</i>	Esercitazione	2h
23	<i>Motori a combustione interna, classificazioni, configurazioni, funzionamento, prestazioni e rendimenti del ciclo ideale.</i>	Frontale	3h
24	<i>Motori a combustione interna, prestazioni e rendimenti del ciclo reale, comportamento in quota, raffreddamento, sovralimentazione, indici di merito.</i>	Frontale	3h
25	<i>Materiale tecnico EASA Modulo 15 – Motori a turbina:</i>	Frontale	3h

Cuscinetti e Guarnizioni, Impianto combustibile: pompe combustibile, sistema di controllo dell'alimentazione di combustibile, carburanti ed additivi; impianto di lubrificazione: layout tipici, lubrificanti: proprietà e specifiche; impianto pneumatico; impianti di avviamento; impianti elettrici, di monitoraggio dei motori; impianto di protezione antincendio; sistemi di potenza ausiliari: APU, RAT; sistemi per l'aumento di potenza: iniezione acqua ed acqua-metanolo; Sistemi di avviamento e di iniezione.

- | | | | |
|-----------|--|----------|----|
| 26 | <p><i>Materiale tecnico EASA Modulo 15 – Motori a turbina: Strumentazione motore, Installazione dei motori: Configurazione della paratie parafiamma, cappottature, pannelli acustici, castelli motore, supporti antivibrazione; Controllo dei motori ed operazioni a terra: Procedure per l'avviamento ed accelerazione per prova a punto fisso. Interpretazione del rendimento e dei parametri di un motore. Controllo della tendenza (incluso analisi dell'olio, delle vibrazioni e con boroscopio). Ispezione del motore e dei componenti secondo i criteri, le tolleranze e i dati specificati dal costruttore. Lavaggio/pulizia del compressore. Danni provocati da oggetti estranei. manicotti, tubi, alimentatori, connettori, fasci di cavi, cavi e aste di comando, punti di sollevamento e drenaggi; immagazzinaggio e conservazione dei motori: Conservazione e de conservazione di motori ed accessori e sistemi.</i></p> | Frontale | 3h |
| 27 | <p><i>Materiale tecnico EASA Modulo 16 – Motori a pistoni: Struttura del motore: Basamento, albero a gomiti, albero a camme, coppe dell'olio. Scatola comandi ausiliari. Gruppi dei cilindri e dei pistoni. Aste di comando, collettori di ingresso e di scarico. Meccanismi dei rubinetti. Riduttori dell'elica. Impianti del carburante dei motori: Carburatori: Tipi, struttura e principi del loro funzionamento. Congelamento e riscaldamento. Sistemi di iniezione del carburante: Tipi, struttura e principi del loro funzionamento. Controllo elettronico del motore: Funzionamento dei comandi del motore e della regolazione del carburante, incluso il controllo elettronico del motore (FADEC). Layout del sistema e componenti. Avviamento e impianti di accensione: Sistemi di avviamento, sistemi di preriscaldamento. Magnetotipi, struttura e principi del loro funzionamento. Cablaggio dell'accensione, candele di accensione. Impianti a bassa ed alta tensione.</i></p> | Frontale | 3h |
| 28 | <p><i>Materiale tecnico EASA Modulo 16 – Strumentazione motore, Impianti di ammissione, di scarico e di raffreddamento: Struttura e funzionamento degli impianti di ammissione, inclusi gli impianti ad aria alternata. Impianti di scarico, impianti di raffreddamento del motore (ad aria o a liquido refrigerante). Lubrificanti e carburanti: Proprietà e specifiche. Additivi per carburanti. Precauzioni di sicurezza. Sistemi di lubrificazione: Funzionamento/layout del sistema e componenti. Sistemi di indicazione dei motori: Velocità del motore. Temperatura della testa del cilindro. Temperatura del refrigerante. Pressione e temperatura dell'olio. Temperatura del gas di scarico. Pressione e flusso del carburante. Pressione di</i></p> | Frontale | 3h |

alimentazione. Installazione del gruppo motopropulsore: Configurazione della paratie parafiamma, cappottature, pannelli acustici, castelli motore, supporti antivibrazione, manicotti, tubi, alimentatori, connettori, fasci di cavi, cavi e aste di comando, punti di sollevamento e drenaggi. Controllo dei motori e operazioni a terra: Procedure per l'avviamento e accelerazione per prova a punto fisso. Immagazzinaggio e conservazione dei motori: Conservazione e deconservazione di motori ed accessori/sistemi.

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: conoscenza dei principi di funzionamento e delle prestazioni dei motori e propulsori di impiego aeronautico, conoscenza dei principali fattori ingegneristici che ne influenzano il comportamento e le prestazioni.
2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate: conoscenza dei principi di funzionamento in condizioni nominali e fuori progetto e delle prestazioni di turbomacchine, conoscenza delle soluzioni costruttive esistenti e delle pratiche manutentive adottate da normativa.
3. Autonomia di giudizio: Capacità di valutare e comparare autonomamente le soluzioni ingegneristiche di un problema di limitata complessità.
4. Abilità comunicative: Capacità di organizzarsi in gruppi di lavoro. Capacità di comunicare efficacemente in forma scritta, grafica e orale.
5. Capacità di apprendere: Capacità di catalogare, schematizzare e rielaborare le nozioni acquisite.

Testi per lo studio della disciplina

- E. Benini, "Propulsione aerea", CLEUP – 2005.
- P. G. Hill, C. R. Peterson, "Mechanics and thermodynamics of propulsion", Addison-Wesley Publishing Company.
- TTS – Integrated Training System, Module 14 Propulsion for EASA PART 66 – Licence Category B2.
- TTS – Integrated Training System, Module 15 Gas Turbine Engine for EASA PART 66 – Licence Category B1.
- TTS – Integrated Training System, Module 16 Piston Engine for EASA PART 66 – Licence Category B1.

Metodi e strumenti per la didattica

Il corso prevede lezioni frontali di tipo teorico e lezioni frontali di tipo pratico per l'apprendimento delle competenze previste dalla disciplina. Saranno svolte esercitazioni in aula dal docente su semplici casi studio.

Modalità di accertamento delle competenze

L'accertamento delle competenze avverrà attraverso una prova scritta. Tale prova scritta avverrà secondo le seguenti modalità:

- L'orario di inizio delle operazioni di registrazione dei partecipanti sarà indicato nel calendario degli esami pubblicato sul sito web del Corso di Laurea;
- I partecipanti devono portare in aula calcolatrice scientifica, penne, matite, gomme, righelli e cancelleria varia;
- I fogli per la prova sono forniti dal docente;
- Il tempo a disposizione è di tre ore;

- La prova comprende:
 - o un test scritto di cinque domande a risposta aperta sugli argomenti 2, 4, 6, 8, 9, 11, 12, 14-20, 23, 24 del Programma di studio (massimo punteggio per domanda = 6)
 - o un test di calcolo sul ciclo termico di un motore turbogetto semplice, o turbofan, o turbogetto con post-combustione, o turboelica (massimo punteggio = 30);
- La prova si ritiene superata se l'alunno dimostra di avere raggiunto una sufficiente conoscenza delle architetture esistenti per i motori per aeromobili, di possedere gli elementi indispensabili per comprendere i cicli termici di funzionamento e se riesce a calcolare con sufficiente precisione le prestazioni di un semplice caso studio.
- La votazione finale è la media aritmetica del test scritto e del test di calcolo.
- L'intera prova si svolgerà in un'unica giornata.

Date di esame

Le date di esame saranno pubblicate sulla pagina web del corso di laurea:
unikore.it/ingegneria-aerospaziale-home

Modalità e orario di ricevimento

Gli orari e le modalità di ricevimento saranno pubblicati sulla pagina personale del docente:
<https://unikore.it/index.php/it/ing-aerospaziale-persone/docenti-del-corso/itemlist/category/1718-tumino-davide>

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