



Università degli Studi di Enna “Kore”  
Facoltà di Ingegneria ed Architettura  
Anno Accademico 2016 – 2017

| A.A.      | Settore Scientifico Disciplinare    | CFU                               | Insegnamento                 | Ore di aula  | Mutuazione |                    |         |               |
|-----------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--|------------|--------------------|---------|---------------|
| 2015/16   | ING-IND/07 Propulsione aerospaziale | 09                                | <b>Motori per aeromobili</b> | 72   | No         |                    |         |               |
| Classe    | Corso di studi                      |                                   | Tipologia di insegnamento    | Anno di corso e Periodo                              |            | Sede delle lezioni |         |               |
| L-9       | Ingegneria aerospaziale             |                                   | Caratterizzante              | III Anno<br>Secondo Semestre                         |            |                    |         |               |
| N° Modulo | Nome Modulo                         | Tipologia lezioni                 | Ore                          | Docente  | SSD        | Ruolo              | Interno | Affidamento   |
| 1         |                                     | Lezioni frontali / esercitazioni. | 72                           | Davide Tumino, davide.tumino@unikore.it, 0935.536491 | ING-IND/15 | PA                 | Si      | Istituzionale |

### Prerequisiti

L'allievo deve possedere conoscenze di aerodinamica e di termodinamica di base.

### Propedeuticità

Nessuna.

### 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



## 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:** conoscenza dei principi di funzionamento e delle prestazioni dei motori e propulsori di impiego aeronautico.

**Conoscenza e capacità di comprensione applicate:** conoscenza dei principi di funzionamento in condizioni nominali e fuori progetto e delle prestazioni di turbomacchine.

**Autonomia di giudizio:** Capacità di valutare e comparare autonomamente le soluzioni ingegneristiche di un problema di limitata complessità.

**Abilità comunicative:** Capacità di organizzarsi in gruppi di lavoro. Capacità di comunicare efficacemente in forma scritta, grafica e orale.

**Capacità di apprendere:** Capacità di catalogare, schematizzare e rielaborare le nozioni acquisite.

## Contenuti e struttura del corso

### Lezioni frontali:

| N. | ARGOMENTO   | TIPOLOGIA     | DURATA |
|----|---|---------------|--------|
| 1  | <i>Introduzione al corso, propulsione e spinta, fonti energetiche, classificazione motori aeronautici. Richiami di aerodinamica, gas perfetti, velocità del suono, moti quasi monodimensionali, leggi di conservazione, grandezze critiche, legge delle aeree, portata critica.</i> | Frontale      | 3h     |
| 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</i>  | Frontale      | 3h     |



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

|    |   |               |    |
|----|---|---------------|----|
|    | <i>volo.</i>  |               |    |
| 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      | 3h |
| 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</i>  | Frontale      | 2h |
| 20 | <i>Turbomacchine assiali. Compressore assiale, triangoli di velocità al variare di <math>R</math>, 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, indici di merito.</i>  | Frontale      | 3h |
| 25 | <i>Materiale tecnico EASA: sistemi di alimentazione di carburante per motori turbogetto</i>   | Frontale      | 3h |
| 26 | <i>Materiale tecnico EASA: sistemi di lubrificazione per motori turbogetto</i>  | Frontale      | 3h |



|    |  |          |    |
|----|--|----------|----|
| 27 | <i>Materiale tecnico EASA: sistemi di alimentazione di carburante per motori a combustione interna</i> | Frontale | 3h |
| 28 | <i>Materiale tecnico EASA: sistemi di lubrificazione per motori a combustione interna</i>              | Frontale | 3h |

## Testi adottati

**Testi principali:** P. G. Hill, C. R. Peterson, "Mechanics and thermodynamics of propulsion", Addison-Wesley Publishing Company.

**Materiale didattico a disposizione degli studenti:** slides del docente distribuite agli studenti.

### Testi di riferimento:

- 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.

### Testi di approfondimento:

- Jack L. Kerrebrock, "Aircraft Engines and Gas Turbines", The MIT Press, Cambridge Massachusetts;
- George P. Sutton, Oscar Biblarz, "Rocket Propulsion Elements", John Wiley & Sons;
- Gordon C. Oates, "Aerothermodynamics of Gas Turbine and Rocket Propulsion", AIAA Education Series;
- Jack D. Mattingly, William H. Heiser, Daniel H. Daley, "Aircraft Engine Design", AIAA Education Series;
- Gordon C. Oates, "Aircraft Propulsion Systems Technology and Design", AIAA Education Series.

## Modalità di accertamento delle competenze

### 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;



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

- 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 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 ed il calcolo del ciclo termico di un motore turbogetto semplice, o turbofan o turbogetto con post-combustione;
- 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.
- L'intera prova si svolgerà in un'unica giornata.

### **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:

<https://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:

<https://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.