# INGEGNERIA INDUSTRIALE (LB10)

(Brindisi - Università degli Studi)

## Insegnamento SISTEMI ENERGETICI E PROPULSIVI

GenCod A006133

**Docente titolare** Antonio FICARELLA

**Insegnamento** SISTEMI ENERGETICI E PROPULSIVI

**Insegnamento in inglese** ENERGY AND PROPULSION SYSTEMS

**Settore disciplinare** ING-IND/09

**Corso di studi di riferimento** INGEGNERIA INDUSTRIALE

**Tipo corso di studi** Laurea

**Crediti** 9.0

**Ripartizione oraria** Ore Attività frontale: 81.0

**Per immatricolati nel** 2020/2021

**Erogato nel** 2022/2023

**Anno di corso** 3

**Lingua** ITALIANO

**Percorso** PERCORSO COMUNE

**Sede** Brindisi

**Periodo** Secondo Semestre

**Tipo esame** Orale

**Valutazione** Voto Finale

**Orario dell'insegnamento** https://easyroom.unisalento.it/Orario

BREVE DESCRIZIONE DEL CORSO

Proprietà termodinamiche dei fluidi, principi di conservazione dell'energia applicato alle macchine a fluido, Criteri di classificazione e principi di funzionamento delle macchine a fluido, Energy Systems, Energy Resources, Analisi termodinamica dei processi industriali, Pompe, Compressori e Ventilatori, Generatori di vapore, Impianti motore a vapore, Impianti motore con turbina a gas, Motori alternativi a combustione interna, Sistemi energetici innovativi e fonti energetiche rinnovabili, Controllo della combustione e delle emissioni inquinanti. Il corso si completa con l'utilizzo di appositi softwares (Python, TESPY, Colaboratory) di simulazione e ottimizzazione di sistemi energetici, e esperienze di laboratorio (anche virtuali).

PREREQUISITI

**PreRequisiti del corso**

Conoscenze delle leggi fondamentali della meccanica e della termodinamica.
Conoscenze di analisi matematica (derivate, integrali) e elementi di base di chimica.
Per le propedeuticità obbligatorie si rimanda al regolamento del corso.

OBIETTIVI FORMATIVI

**Obiettivi del corso**

Conoscenza e capacità di comprensione

- Conoscenza delle applicazioni della termofluidodinamica alle macchine a fluido.
- Conoscenza delle principali caratteristiche costruttive e prestazionali delle macchine a fluido e dei sistemi energetici.
- Conoscenza dei sistemi energetici innovativi e rinnovabili.
- Conoscenza delle problematiche ambientali legate alle macchine a fluido e ai sistemi energetici.
- Conoscenza dei principi dell'energetica industriale.
- Conoscenza sommaria della terminologia tecnica specifica in lingua inglese.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

- Capacità di impostare la progettazione di massima di una macchina a fluido e di un sistema energetico.
- Capacità di analizzare i dati sperimentali relativi al funzionamento di un sistema energetico.

Autonomia di giudizio

- Capacità di individuare le possibili ottimizzazioni delle prestazioni energetiche e ambientali dei sistemi energetici.

Abilità comunicative (communication skills)

- Capacità di comunicare gli aspetti tecnici rilevanti ai responsabili della progettazione, del collaudo, della conduzione e della manutenzione.

Capacità di apprendere

- Capacità di interpretare documenti tecnici specifici riguardati le macchine a fluido e i sistemi energetici.
- Capacità di intraprendere studi specialistici più avanzati con autonomia.

METODI DIDATTICI

Lezioni in aula o in remoto (e-learning), esperienze di laboratorio, esercitazioni.

**Esercitazioni**

Esercitazioni sulla impostazione dei calcoli per la valutazione delle prestazioni di macchine a fluido e sistemi energetici, svolte, in particolare, utilizzando appositi softwares (Python, TESPY, Colaboratory) di simulazione e ottimizzazione di sistemi energetici.

**Laboratorio**

Esperienze di laboratorio (anche in modalità in remoto - e-labs) per l'analisi dei dati sperimentali sul funzionamento di vari tipi di macchine a fluido.

MODALITA' D'ESAME

**Modalità d'esame**

L'esame consiste in una prova scritta e un colloquio orale. La prova scritta consiste nella impostazione di un modello di simulazione e ottimizzazione di un sistema energetico, in ambiente tipo Python, TESPY, Colaboratory. In alternativa, la prova scritta potrà consistere in alcuni esercizi per verificare la capacità di impostare i modelli per la valutazione delle prestazioni delle macchine a fluido e dei sistemi energetici. Le tracce delle precedenti prove scritte sono disponibili in:
https://drive.google.com/open?id=1oxKlKnu8_jlA0VZichpz2QMlEZclQHo1

Durante la prova scritta è possibile usare i libri di testo ma non materiale relativo allo svolgimento di esercizi. L'esito della prova scritta sarà ritenuto valido solo per la sessione di esami in cui la prova stessa è stata svolta.

Nel caso di svolgimento di esame in remoto, ci sarà solo la prova orale preceduta dalla impostazione di alcuni esercizi con le caratteristiche prima viste.

La prova scritta potrà essere sostituita dal superamento di prove parziali svolte durante il corso.

La prova orale consiste nella discussione dello svolgimento della prova scritta e in una serie di domande sugli argomenti previsti nel programma del corso per la valutazione delle conoscenze acquisite sui principi di funzionamento delle macchine e sistemi energetici e sulle loro prestazioni.

ALTRE INFORMAZIONI UTILI

ULTERIORE BIBLIOGRAFIA

A. Dadone, Introduzione e complementi di macchine termiche ed idrauliche, Ed. CLUT, Torino.
Macchi, "Termofluidodinamica applicata alle macchine", CLUP.
Capetti A., Compressori di gas, Giorgio.
Daly, "Tecnica della ventilazione", Ed. Woods Italiana.
Elliott, "Powerplant engineering", McGrawHill Publishing Company.
"Diesel Engine Management", SAE International, www.sae.org.
Boyce, "Handbook for cogeneration and combined cycle power plants", ASME Press, www.asme.org.
Afgan, Carvalho, "Sustainable assessment method for energy systems", Kluver Academic Publisher, www.wkap.nl.
Internal Combustion Engine Fundamentals, John B. Heywood, McGraw Hill.

PROGRAMMA ESTESO

**PARTE 1a - Sistemi energetici**

Proprietà termodinamiche dei fluidi, il principio di conservazione dell'energia applicato alle macchine a fluido, il principio di conservazione dell'energia nel sistema di riferimento relativo, moto in condotti a sezione variabile. [Macchine a Fluido cap. 2, 6.1, 6.2, 6.3] [dispensa Termodinamica-MacchineR08C*].

Criteri di classificazione e principi di funzionamento delle macchine a fluido; Macchine volumetriche e dinamiche. Rendimenti delle macchine a fluido e degli impianti. [Macchine a Fluido cap. 2] [Della Volpe cap. III e IV]

Energy Systems, The Energy Cycle, Closed Cycles of Energy Resources.
[Orecchini cap. I*, dispensa ESEnergySystemsR00].

Energy Resources, Definition of Energy Potential, The Earth's Energy Balance, Renewable Sources, Non-renewable Energy Sources. [Orecchini cap. II*, dispensa ESEnergyResourcesR00].

Analisi termodinamica dei processi industriali, integrazione dei processi per un uso efficiente dell'energia, il ruolo della termodinamica nella progettazione dei processi industriali, integrazione calore – lavoro, valutazioni economiche. [Dispensa Exergy*].

**PARTE 2a - Macchine e impianti di conversione e trasformazione dell'energia**

Pompe. Parametri di funzionamento, rendimento, curve caratteristiche, punto curve e stabilità di funzionamento, cavitazione, portata minima, accoppiamento regolazione e avviamento, pompe centrifughe, assiali, volumetriche. [Macchine a Fluido cap. 4] [Della Volpe cap. XIV]

Compressori. Compressori dinamici, compressori centrifughi, parametri di funzionamento, prestazioni e curve caratteristiche, compressori assiali. Tipologie e applicazioni dei compressori centrifughi. Compressori volumetrici, alternativi e rotativi. [Macchine a Fluido cap. 7] [Della Volpe cap. XI, XII.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, XIII]
Regolazione dei turbocompressori, variazione della velocità angolare, laminazione all'aspirazione, laminazione allo scarico, bypass, variazione calettamento pale. Regolazione dei compressori volumetrici. [dispensa Termodinamica-MacchineR08C*]
Ventilatori e loro prestazioni, caratteristiche dei ventilatori, punto di funzionamento, pressione statica e dinamica, tipologia dei ventilatori (ventilatori assiali, elicoidali, centrifughi), confronto delle prestazioni. [Macchine a Fluido cap. 4.6] [dispensa Termodinamica-MacchineR08C*]

Generatori di vapore. Caldaie a tubi di fumo e tubi di acqua, rendimenti. Impianti motore a vapore. Cicli e schemi di impianti, metodi per aumentare il rendimenti. Turbine a vapore, applicazioni e regolazione. [Macchine a Fluido cap. 8, 9, 11] [Della Volpe cap. VI.1, 2, 3, 4, 7 e V.1, 2, 3, no 3.1, 3.2, 3.3]

Impianti motore con turbina a gas. Generalità, analisi del ciclo ideale e reale, metodi per aumentare il rendimento, caratteristiche generali degli impianti, classificazione e campi di applicazione delle turbine a gas, impianti a ciclo combinato. [Macchine a Fluido cap. 8, 10, 11] [Della Volpe cap. VII.1, 2, 3, 4, 5, 6, 10] [dispensa propDESIGNPR02]

Motori alternativi a combustione interna. Classificazione, cicli ideali e reali, potenza e curve caratteristiche, prestazioni, combustibili, alimentazione, regolazione, sovralimentazione, emissioni

inquinanti, sistemi per ridurre le emissioni inquinanti. [Macchine a Fluido cap. 13, 14] [Della Volpe ed. 2011 cap. VIII.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 no sottoparagrafi, 11, 12, 13, 14, 17, 18 , 19, 20, 21]

Wind power plant, photo-voltaic plants, fuel cells. Compression heap pump, absorption heat pumps. [Orecchini cap. 4.2.1.2, 4.2.2.1, 4.2.3.4, 4.2.9.1, 4.3.2.1*, dispensa ESEnergyConversionR02B]

Distribuited generation, Cogeneration. [Orecchini cap. 5*, dispensa ESDistributedGenerationR00]

Cenni sulla combustione e sui meccanismi di ossidazione dei combustibili. [propOXIMECHR00*]

Controllo della combustione e delle emissioni inquinanti. Controllo dell'inquinamento durante la combustione, caldaie a letto fluido, bruciatori a basse emissioni di NOx, Filtri elettrostatici e a maniche, desolforazione dei fumi (a secco, a umido, a recupero). [dispensa macchineCombContrR00]

## TESTI DI RIFERIMENTO

LIBRI DI TESTO

Macchine a fluido, Angelo Onorati, Vincenzo Dossena, Giancarlo Ferrari, Paolo Gaetani, Gianluca Montenegro, Giacomo Persico, Editore CittàStudi, 2020, ISBN 9788825174311.

Energy Systems in the Era of Energy Vectors, Orecchini Fabio, Naso Vincenzo, Springer (http://link.springer.com/book/10.1007/978-0-85729-244-5/page/1).

Renato Della Volpe, Macchine, Liguori Editore (http://www.liguori.it/schedanew.asp?isbn=4972&vedi=testoebook#ebook) - può essere acquistata versione online.

Ferrari - Hydraulic Thermal Machines di Progetto Leonardo (http://www.editrice-esculapio.com/ferrari-hydraulic-and-thermal-machines/).

V. Dossena, G. Ferrari, P. Gaetani, G. Montenegro, A. Onorati, G. Persico, Macchine a fluido, CittàStudiEdizioni, 2015. [http://www.cittastudi.it/catalogo/ingegneria/macchine-a-fluido-3547]

Renato Della Volpe, Esercizi di macchine, Liguori Editore.

Dispense reperibili nei seguenti siti (richiedere ulteriori dispense al docente):
http://www.ingegneria.unisalento.it/scheda_docente_lm1/-/people/antonio.ficarella/materiale