

Docente responsabile dell'insegnamento/attività formativa

Nome

Cognome

Denominazione insegnamento/attività formativa

Italiano

English

Aree culturali

Informazioni insegnamento/attività formativa

A.A.

L

LM

LM CU

CdS

Codice

Canale

CFU

Lingua

Docente del modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Nome

Cognome

Denominazione modulo didattico (compilare solo per attività formative articolate in moduli)

Italiano

English



Obiettivi formativi e risultati di apprendimento attesi

Italiano

**OBIETTIVI FORMATIVI:**

- approfondimento delle proprietà termofisiche dei fluidi di interesse nelle macchine a fluido e nelle apparecchiature di scambio termico;
- elementi fondamentali per il dimensionamento e l'interpretazione del comportamento in condizioni diverse da quelle di progetto di componenti (macchine e apparecchiature di scambio termico) e sistemi energetici complessi;
- acquisizione delle competenze fondamentali per la valutazione delle prestazioni, per il collaudo e il monitoraggio di sistemi energetici;
- impiego di software per la valutazione delle proprietà dei fluidi tecnici e per lo studio del comportamento dinamico di componenti e sistemi energetici.

**CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:**

Capacità di comprendere a fondo la letteratura tecnica e scientifica nel settore delle macchine a fluido e dei sistemi energetici, e utilizzarne i contenuti per sviluppare idee originali; progettare, formalizzare e implementare (attraverso opportuni linguaggi di programmazione) metodi dedicati ed efficienti per la soluzione di problemi complessi; progettare e condurre esperimenti per la valutazione delle soluzioni progettuali di sistemi e metodi ad essi applicati; valutare lo stato delle proprie conoscenze e acquisire in modo continuo le conoscenze necessarie ad aggiornarlo.

**CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:**

Capacità di definire le specifiche di progetto di macchine a fluido e sistemi energetici anche complessi, tenendo conto dei vincoli tecnologici, economici ed ambientali; capacità di valutare le prestazioni di detti sistemi in condizioni di funzionamento nominale e fuori-progetto.

Capacità di implementare modelli di sistemi energetici mediante strumenti software adeguati.

**AUTONOMIA DI GIUDIZIO:**

Capacità, nell'ambito delle macchine a fluido e dei sistemi energetici, di integrare le conoscenze acquisite al fine di gestire situazioni e problemi complessi, di formulare giudizi in merito anche sulla base di informazioni limitate o incomplete, e di valutare criticamente l'applicazione di nuove tecnologie. Tali capacità sono acquisite nella preparazione all'esame e nell'elaborazione del progetto.

**ABILITÀ COMUNICATIVE:**

Saper comunicare, a interlocutori specialistici e non, in modo chiaro e non ambiguo, le proprie conoscenze nel settore delle macchine a fluido e dei sistemi energetici. Tali capacità sono verificate con l'esame finale (comunicazione scritta e orale) e con la presentazione dei risultati ottenuti nel progetto.

**CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:**

Capacità di continuare a studiare e approfondire in modo autonomo temi inerenti alla progettazione, verifica e collaudo di macchine a fluido e, più in generale, di sistemi energetici complessi. Tali capacità sono acquisite nella preparazione all'esame e nell'elaborazione del progetto.



**LEARNING OUTCOMES:**

- understanding and evaluating thermodynamic properties of fluids;
- fundamental knowledge about sizing, control and off-design performance of machines, heat exchangers and complex energy systems;
- fundamental knowledge about test and monitoring procedures for energy systems;
- use of software tools for the evaluation of thermodynamic properties of fluids and for the dynamic analysis of components and systems.

**KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:**

At the end of the course students are expected to be capable to fully understand the scientific and technical literature in the field of fluid machinery and energy systems and to use relevant contents to develop original ideas; design and implement (through appropriate programming languages) specific and effective methods for the solution of the complex problems; design and execute experiments for the test of the solutions and of the applied methods; evaluate their own level of knowledge and acquire continuously the required additional knowledge.

**APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:**

Students are expected to be able to define design specifications of fluid machines and complex energy systems, considering technical, economic and environmental constraints, as well as to assess system performance in design and off-design conditions.

They will also be able to implement models of energy systems using suitable software tools.

English

**MAKING JUDGEMENTS:**

Students are expected to be capable of complementing the available information with reasonable hypotheses on the validity limits of the physical phenomena underlying the operation of fluid machines and energy systems and on the range of variations of the relevant operational parameters.

**COMMUNICATION SKILLS:**

Students are expected to be able to transfer their knowledge in the field of fluid machinery and energy systems and to discuss related issues within a wider context (with respect to those considered in the course) and with an interdisciplinary approach.

**LEARNING SKILLS:**

Students are expected to be capable of developing original ideas as part of research and development activities in the field of fluid machinery and, more generally, of energy systems.



Prerequisiti

Italiano

Sono richieste le conoscenze di base fornite nel corso di laurea triennale nei settori della Fisica Tecnica e delle Macchine a Fluido.

English

Fundamental knowledge about thermodynamics, heat transfer, fluid machinery acquired in the Bachelor Degree.



Programma

Italiano

PROPRIETÀ DEI FLUIDI TECNICI

Proprietà termofisiche dei fluidi agenti nelle macchine (gas, miscele di gas, gas umidi e saturi, liquidi, vapori) e correlazioni per il loro utilizzo nel calcolo delle macchine a fluido, dei sistemi di conversione dell'energia e delle relative apparecchiature di scambio termico. **Impiego di software per il calcolo delle proprietà termodinamiche dei fluidi tecnici.**

COMBUSTIONE

Potere calorifico, stechiometria della combustione, composizione e proprietà termodinamiche dei gas combustibili, tonalità termica, temperatura adiabatica di fiamma, rendimento di un generatore di calore, emissioni specifiche di CO<sub>2</sub>. Caratteristiche e proprietà dei principali combustibili.

DIMENSIONAMENTO DI MACCHINE E APPARECCHIATURE DI SCAMBIO TERMICO

Architettura di turbomacchine multistadio e problematiche di progetto. Turbine a gas: layout dell'impianto, caratteristiche e configurazione del compressore e dell'espansore; applicazioni. Compressori: configurazione di stadio e di macchina per compressori assiali e centrifughi mono- e multistadio; applicazioni. Cenni alle macchine operatrici volumetriche.

Elementi di progettazione di apparecchiature di scambio termico.

COMPORTEMENTO "FUORI PROGETTO" DI COMPONENTI E SISTEMI ENERGETICI

Criteri di similitudine e loro utilizzo nel progetto, verifica e sperimentazione in scala ridotta ed in scala 1:1 nelle macchine dinamiche operatrici e motrici e nelle apparecchiature di scambio termico. Similitudini e associati indici di forma. Gruppi adimensionali di variabili; parametri corretti e loro utilizzo. Definizione dei parametri caratteristici prestazionali di macchine e apparecchiature di scambio termico e correlazioni esistenti tra di loro. Richiami sulle curve caratteristiche dimensionali ed effettive.

Comportamento in condizioni di fuori progetto e regolazione delle prestazioni di singole macchine e apparecchiature di scambio termico, e di sistemi energetici. **Elementi di controllo in anello chiuso delle prestazioni di sistemi energetici.**

Procedure per la costruzione delle curve di "correzione" delle prestazioni per il confronto tra le prestazioni misurate e le prestazioni garantite; utilizzo delle misure per la verifica delle prestazioni dei sistemi energetici (collaudo e monitoraggio di impianti).

ESERCITAZIONI

**Modellazione e analisi del comportamento dinamico di componenti e sistemi energetici mediante software Simscape: dimensionamento e scelta dei componenti, verifica delle condizioni di progetto, valutazione del comportamento in *off-design*, controllo in anello chiuso delle prestazioni.**



### THERMODYNAMIC PROPERTIES OF FLUIDS

Thermodynamic properties of working fluids (gases, gas mixtures, vapors, liquids) for applications in fluid machines, heat exchangers and energy systems in general. **Use of software tools for the evaluation of thermodynamic properties.**

### COMBUSTION

Heating values, combustion stoichiometry, combustion products composition and thermodynamic properties, adiabatic flame temperature, heat generator efficiency, CO<sub>2</sub> emission intensity. Thermodynamic properties of the most important fuels.

### SELECTION, RATING AND SIZING OF MACHINES AND HEAT EXCHANGERS

Multistage turbomachines: layout and design considerations.

Gas turbines: layout, design considerations on compressor and turbine; applications.

Compressors: mono- and multi-stage machine layout; applications.

Introductory remarks about volumetric machines.

Fundamentals about heat exchanger design and sizing procedures, with reference to plate, shell-and-tube, compact heat-exchangers.

### OFF-DESIGN BEHAVIOR OF COMPONENTS AND SYSTEMS

Fluid dynamic similarity criteria applied to the design of full-scale or prototypal machines and heat exchangers. Dimensionless parameters. Corrected parameters. Operating parameters and performance curves of machines and heat exchangers.

Off-design behaviour analysis of dynamic and volumetric machines (turbines, pumps, compressors), heat exchangers, and complex energy systems.

**Fundamentals about feedback control in energy systems.**

Test and monitoring procedures for machines, heat exchangers and whole energy systems.

### VIRTUAL LAB

**Modelling and simulation of the dynamic behaviour of components and systems in Simscape. Sizing procedure, test of nominal operating conditions, simulation in off-design conditions, feedback control.**

English



Modalità di valutazione

- Prova scritta
- Prova orale
- Valutazione in itinere
- Valutazione di progetto
- Valutazione di tirocinio
- Prova pratica
- Prova di laboratorio

Descrizione delle modalità e dei criteri di verifica dell'apprendimento

Italiano

L'esame di Progetto di Macchine prevede una prova orale e la presentazione delle esercitazioni svolte.  
La prova orale ha lo scopo di verificare l'apprendimento e la padronanza dei concetti teorici del corso, nonché la capacità di discutere criticamente problemi legati agli argomenti affrontati nel corso.  
Per superare l'esame lo studente dovrà inoltre presentare le esercitazioni, svolte durante il corso in gruppi di due o tre studenti, riguardanti la soluzione di problemi sul dimensionamento di massima e sul comportamento fuori progetto di componenti e sistemi mediante l'impiego di software quali CoolProp, FluidProp (per la valutazione delle proprietà dei fluidi), Matlab e Simscape.



English

To pass the exam, students are required to pass an oral exam and to discuss the assignments given during the course.  
The oral exam assesses their competence and mastery of the theoretical concepts developed during the course, as well as their skill in critically discussing problems related to the course subjects.  
Students are finally asked to present the solution to practical problems, carried out during the semester in groups of two or three students, regarding sizing, control and off-design behavior of fluid machines, heat exchangers, and energy systems in general, implemented by means of software tools like CoolProp, FluidProp, Matlab, Simscape.

Testi adottati

Italiano

Dispense fornite dal docente e disponibili su Microsoft Teams.

English

Teaching material provided on Microsoft Teams.



Bibliografia di riferimento

Italiano/  
English

- A. Bejan, Advanced Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons Ltd, New York, 3a edizione, 2006
- M.J. Moran et al., Fundamentals of Engineering Thermodynamics, John Wiley & Sons Inc., 2010
- V. Dossena, G. Ferrari, P. Gaetani, G. Montenegro, A. Onorati, G. Persico, Macchine a fluido, Città Studi Edizioni, 2015.
- R. della Volpe, Macchine, Liguori Editore, Napoli, 2002.
- J.H. Lienhard IV, J.H. Lienhard V, A Heat Transfer Textbook, 5th edition, Phlogiston Press, Cambridge, MA (USA), 2020. Disponibile online: <http://ahtt.mit.edu>.
- S. Kakaç, H. Liu, A. Pramuanjaroenkij, Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, 3rd edition, CRC Press, 2012.

Modalità di svolgimento

- Modalità in presenza
- Modalità a distanza

Descrizione della modalità di svolgimento e metodi didattici adottati

Italiano

Lezioni frontali con dimostrazioni svolte alla lavagna virtuale, presentazioni o svolgimento di problemi al calcolatore.



English

Classroom lectures, aided with presentations and computer-based solutions to problems.

Modalità di frequenza

- Frequenza facoltativa
- Frequenza obbligatoria

Descrizione della modalità di frequenza

Italiano

La frequenza non è obbligatoria: il materiale è a disposizione anche di studenti non frequentanti per la preparazione all'orale.

English

Attendance is not mandatory. The material is available for non-attending students to get prepared for the oral tests.