



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## ENERGIA E SISTEMI ENERGETICI

**MAURO MAMELI**

Anno accademico

2023/24

CdS

INGEGNERIA GESTIONALE

Codice

038II

CFU

12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
ENERGIA E SISTEMI ENERGETICI (MOD 1)	ING-IND/10	LEZIONI	60	MAURO MAMELI
ENERGIA E SISTEMI ENERGETICI (MOD 2)	ING-IND/08	LEZIONI	60	ARIANNA BALDINELLI STEFANO FRIGO

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Al termine del corso gli studenti avranno acquisito conoscenze in merito a:

- termodinamica applicata;
- principi di idraulica;
- principi di trasmissione del calore;
- principali cicli termodinamici applicati alle macchine termiche;
- cicli cogenerativi e combinati;
- impatto ambientale delle macchine termiche;
- basi di energetica
- principali fonti rinnovabili
- stoccaggio dell'energia

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Esame scritto e orale.

#### *Capacità*

Al termine del corso gli studenti avranno acquisito capacità in merito a:

- eseguire bilanci di massa, energia ed entropia, anche nel caso più generale di sistemi aperti e non stazionari;
- applicare il teorema di Bernoulli in forma generalizzata;
- applicare le equazioni che regolano i meccanismi di scambio termico conduttivo, convettivo e radiativo;
- definire e quantificare i flussi di massa e di energia che caratterizzano i principali cicli termodinamici delle macchine termiche;
- calcolare i rendimenti relativi alle principali macchine a fluido;
- identificare i principali parametri che regolano il funzionamento delle macchine termiche
- dimensionamento preliminare delle macchine termiche e dei sistemi energetici
- scelta dei principali sistemi di abbattimento delle emissioni prodotte dalle macchine termiche;
- gli impianti di servizio ad uso industriale (impianti idraulici e vapore) con capacità di effettuare un preliminare dimensionamento di massima;
- abbinare le principali fonti fossili e rinnovabili ai relativi sistemi energetici
- scegliere e fornire un dimensionamento di massima di sistemi per lo stoccaggio dell'energia
- eseguire la valutazione tecno-economica semplificata di un impianto energetico

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Esercitazioni interattive anche con utilizzo di Microsoft Excel.

#### *Comportamenti*

Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alle problematiche ambientali e della progettazione preliminare di sistemi termici e sistemi energetici.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Modalità di verifica dei comportamenti

Durante le esercitazioni saranno valutati il grado di accuratezza e precisione delle attività svolte.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

E' necessario aver sostenuto gli esami di Chimica I, Fisica I.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Nota: le ore indicate possono variare leggermente a seconda della necessità di approfondimento

#### **Termodinamica applicata (Ing. Mameli)**

- concetti introduttivi
- sistemi aperti
- equazioni di bilancio
- equazioni di stato
- trasformazioni
- cicli termodinamici ideali

Teoria: 17 ore, Esercitazione: 10 ore

#### **Idraulica (Ing. Mameli)**

- Teorema di Bernoulli
- viscosità
- perdite di carico

Teoria: 6 ore, Esercitazione: 4 ore

#### **Trasmissione del calore (Ing. Mameli)**

- Conduzione
- Convezione
- irraggiamento

Teoria: 12 ore, Esercitazione: 6 ore

#### **Fondamenti di macchine a fluido (Prof. Frigo)**

Teoria: 5 ore, Esercitazione: 1 ora

#### **Macchine termiche e sistemi (Prof Frigo)**

- Impianti motore a vapore – Teoria: 4 ore, Esercitazione: 2 ore
- Impianti motore con turbina a gas - Teoria: 4 ore, Esercitazione: 1 ora
- Motori a combustione interna – Teoria: 4 ore, Esercitazione: 2 ore
- Cicli combinati e cogenerativi – Teoria: 4 ore, Esercitazione: 2 ore

#### **Impatto ambientale delle macchine termiche (Prof. Frigo)**

Teoria: 5 ore

#### **Compressori alternativi e dinamici (Ing. Baldinelli)**

Teoria: 4 ore, Esercitazione: 1 ora

#### **Macchine idrauliche (Ing. Baldinelli)**

- motrici (turbine) – Teoria: 3 ore, Esercitazione: 1 ora
- operatrici (pompe) – Teoria: 4 ore, Esercitazione: 1 ora

#### **Fonti energetiche e sistemi**

- Fonti convenzionali (Prof. Mameli) – Teoria: 1 ora
- Fonti rinnovabili, parte 1: solare ed eolico (Prof. Mameli) – Teoria: 4 ore
- Fonti rinnovabili, parte 2: conversione energetica delle biomasse (Ing. Baldinelli) – Teoria: 3 ore

#### **Tecnologie e sistemi per lo stoccaggio dell'energia (Ing. Baldinelli)**

- Principi di stoccaggio energetico
- Stoccaggio meccanico
- Stoccaggio elettrochimico
- Stoccaggio chimico

Teoria: 6 ore, Esercitazione: 3 ore

### Bibliografia e materiale didattico

#### **Ing. Mameli**

#### **Libri di termodinamica e trasmissione del calore (Italiano)**

- Yunus A. Çengel, "Termodinamica e Trasmissione del Calore", McGraw-Hill (qualunque edizione)



## UNIVERSITÀ DI PISA

- Michael Moran, Howard N. Shapiro, Bruce R. Munson, David P. DeWitt, *"Elementi di Fisica Tecnica per l'Ingegneria"*, McGraw-Hill (qualunque edizione);

**Libri di testo di trasmissione del calore (english):**

- Incropera F. P., Dewitt D. P., Bergman T. L., Lavine A. S., *"Fundamentals of Heat and Mass Transfer"*, Sixth Edition, J. Wiley & Sons Editor, 2007.

- Çengel Y. A., *"Heat Transfer, a practical approach"*, Second Edition, McGraw-Hill Editor, 2002.

**Dispense di riferimento (Italiano):**

- Mauro Mameli *"Termodinamica e trasmissione del calore per il corso di Energia e Sistemi Energetici, Laurea triennale Ing. Gestionale"*.

**Prof. Frigo**

- Renato della Volpe, *"Macchine"*, Liguori Editore (ultima edizione, 2011).

Slide e altro materiale digitale integrativo scaricabili dalle pagine ufficiali del docente/ Lecture Notes and other digital booklets (download from the teacher's official webpage)

**Ing. Baldinelli**

- US DOE "Energy Storage Handbook" (English) – download free at <https://www.sandia.gov/ess/publications/doe-oe-resources/eshb>

Slide e altro materiale digitale integrativo scaricabili dalle pagine ufficiali del docente/ Lecture Notes and other digital booklets (download from the teacher's official webpage)

### Indicazioni per non frequentanti

Si suggerisce di sfruttare l'orario di ricevimento per eventuali dubbi sul programma, sul contenuto delle lezioni e sulle modalità d'esame.

### Modalità d'esame

**MODALITA' ESAME ENERGIA E SISTEMI ENERGETICI A.A. 2023/2024**

L'esame verrà svolto in una prova unica in collaborazione tra i tre docenti e consiste in una prova scritta di circa due ore e una prova orale da sostenere necessariamente nello stesso appello. Durante la prova scritta lo studente deve rispondere a una serie di quesiti e di esercizi inerenti agli argomenti trattati. Il punteggio assegnato ai quesiti della prova scritta è equamente distribuito sugli argomenti trattati (15 punti per la parte di termodinamica e trasmissione del calore e 15 per la parte di macchine e sistemi energetici). Lo studente accede alla prova orale se:

1) ha accumulato almeno 7 punti per ognuna delle due parti della prova scritta;

2) ottiene un punteggio totale di almeno 16/30.

La prova orale consiste in un approfondimento della prova scritta e in un'ulteriore verifica della preparazione su tutto il programma senza distinzioni relative all'anno accademico in cui lo studente ha frequentato il corso. In caso di esito negativo della prova orale, lo studente deve necessariamente sostenere nuovamente la prova scritta.

### Note

I docenti sono disponibili a programmare dei ricevimenti extra, sia in presenza che da remoto (canale teams del corso), anche fuori dall'orario preposto, previa richiesta via posta elettronica.

Ultimo aggiornamento 07/10/2023 08:58