



# UNIVERSITÀ DI PISA

## MACCHINE

---

### STEFANIA ZANFORLIN

Anno accademico	2023/24
CdS	INGEGNERIA DELL'ENERGIA
Codice	653II
CFU	9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
MACCHINE	ING-IND/08	LEZIONI	90	MARCO ANTONELLI STEFANIA ZANFORLIN

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito al principio di funzionamento e alle basi delle macchine a fluido (turbine e compressori) e degli impianti di conversione dell'energia (impianti a vapore, turbine a gas e motori a combustione interna), anche rinnovabile (impianti idroelettrici).

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La conoscenza verrà verificata dalla dimostrazione della capacità di discutere gli argomenti principali del corso con una terminologia appropriata. Durante l'esame orale lo studente dovrà dimostrare la sua conoscenza degli argomenti del corso e di rispondere alle domande con approfondimento e con capacità di esprimere i concetti con proprietà di linguaggio. Lo studente dovrà dimostrare la capacità di mettere in pratica e di eseguire con spirito critico le attività illustrate sotto la guida del professore durante le lezioni. Nel rispondere alle domande fatte dal docente, lo studente dovrà dimostrare la capacità di affrontare un problema e di organizzare un'esposizione efficace dell'argomento.

Metodo:

- Esame orale finale per il 100% della valutazione

##### *Capacità*

Al termine del corso:

- lo studente saprà svolgere dei calcoli per la progettazione preliminare di macchine a fluido
- lo studente saprà svolgere dei calcoli per la progettazione preliminare di impianti di conversione dell'energia

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Lo studente dovrà essere in grado di utilizzare le grandezze termodinamiche e fluidodinamiche dimostrando di averne compreso il significato e le applicazioni.

##### *Comportamenti*

Lo studente dovrà aver acquisito sensibilità per le principali grandezze relative agli impianti di conversione dell'energia e alle macchine a fluido.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Durante le prove di esame verrà verificata la padronanza dello studente nella conoscenza delle grandezze relative agli argomenti trattati.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

E' molto importante che l'esame venga sostenuto dopo il superamento degli esami del primo anno e dell'esame di Fisica Tecnica. La conoscenza della matematica e della fisica di base con particolare riferimento alla termodinamica e allo scambio termico sono considerate conoscenze di base per questo insegnamento.

##### *Indicazioni metodologiche*

Lezioni frontali

Attività di apprendimento:



## UNIVERSITÀ DI PISA

- seguire le lezioni
- preparazione di esami orali

Frequenza: consigliata

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

**Generalità e classificazione degli impianti e delle macchine.** Sfruttamento delle fonti energetiche fossili e rinnovabili. Impianti motori termici a combustione interna e a combustione esterna; rendimento di un impianto motore termico. Classificazione delle macchine a fluido: motrici/operatrici, dinamiche/volumetriche, termiche/idrauliche.

**Lavoro delle macchine a fluido.** Lavoro per un sistema chiuso. Lavoro per un sistema fluente. Formulazioni termica e meccanica dell'equazione dell'energia. Gas ideali e reali. Trasformazioni di compressione e di espansione: trasformazioni ideali e reali; trasformazioni politropiche equivalenti; rendimento isentropico e politropico. Equazione di Eulero, lavoro per azione e per reazione, grado di reazione.

**Turbine e compressori dinamici.** Turbine assiali. Triangoli di velocità. Stadio di turbine assiali ad azione e reazione. Rendimento di palettatura. Confronto tra turbine ad azione e a reazione a parità di salto entalpico, e a parità di velocità periferica. Turbine multistadio a salti di pressione. Turbine a vapore di timo misto (stadio ad azione a salti di velocità, stadi a reazione). Compressori assiali: stadio di compressore assiale; triangoli di velocità. Compressori centrifughi.

**Pompe centrifughe.** Pompe centrifughe con palettatura indietro, radiale e in avanti. Cavitazione. NPSH disponibile e richiesto. Altezza massima di aspirazione. Pompe in serie e in parallelo. Regolazione e avviamento delle pompe.

**Turbine idrauliche.** Impianti ad acqua fluente e a bacino. Similitudine e definizione di numero di giri specifico e diametro specifico. Scelta delle turbine idrauliche. Turbina Pelton e sua regolazione. Turbina Francis, ad elica e Kaplan. Distribuzione e regolazione della portata nelle turbine a reazione.

**Impianti motore a vapore.** Miglioramenti al ciclo Rankine: surriscaldamenti multipli. Rigenerazione termica. Elementi degli impianti a vapore: rigeneratori, degasatore, condensatore e torri di raffreddamento. Generatori di vapore: calcolo della temperatura di combustione; architettura delle caldaie moderne; circolazione forzata e attraversamento forzato; regolazione.

**Impianti motore con turbine a gas.** Termodinamica delle turbine a gas: ciclo semplice ideale e ciclo reale. Rendimento e lavoro specifico. Miglioramenti al ciclo Joule: rigenerazione termica, interrefrigerazione, post combustione. Camere di combustione: configurazione di base, evoluzione della tipologia. Stadi refrigerati di turbina a gas: raffreddamento per convezione, per film. Turbine a gas aeronautiche: turbogetto; rendimento di propulsione; turboelica e turbofan.

**Cicli combinati gas-vapore.** Impianti con e senza bruciatori ausiliari. Schema della caldaia a recupero. Caldaie a uno, due e tre livelli di pressione. Soluzioni per il repowering di impianti termoelettrici a vapore.

**Motori a combustione interna.** Cicli di riferimento. Confronto tra i motori principali, diagramma di distribuzione e curva della pressione. Funzionamento reale del motore a combustione interna, lavoro in un motore a combustione interna. Descrizione del ciclo reale e delle particolarità dei vari parametri. Sovralimentazione. Alimentazione e iniezione nei motori a combustione interna a ciclo Otto e Diesel.

### Bibliografia e materiale didattico

- Martorano, Antonelli, Elementi di Macchine, ETS
- Della Volpe, Macchine, Liguori, 2011

### Modalità d'esame

L'esame consiste in una prova orale con il docente. La prova consiste in un colloquio tra il candidato e il docente e durante la prova orale potrà anche essere richiesto al candidato di risolvere anche problemi scritti, davanti al docente. Normalmente è richiesto di rispondere a tre domande. La durata media di ciascuno colloquio è di circa 20-30 minuti.

La prova orale è non è superata se il candidato mostra di non essere in grado di esprimersi in modo chiaro e non risponde o risponde con evidenti carenze sulle conoscenze di base del corso. L'esame non è superato se lo studente usa in modo non corretto la terminologia tipica dei temi trattati.

Ultimo aggiornamento 24/10/2023 17:20