



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## COMPLEMENTI DI MACCHINE E SISTEMI ENERGETICI

**ALDO BISCHI**

Anno accademico 2022/23  
CdS INGEGNERIA DELL'ENERGIA  
Codice 970II  
CFU 6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
COMPLEMENTI DI MACCHINE E SISTEMI ENERGETICI	ING-IND/09	LEZIONI	60	ALDO BISCHI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Al termine del corso lo studente avrà acquisito conoscenze in merito alle caratteristiche principali ed alle prestazioni delle macchine a fluido (e.g. turbine, compressori e pompe) e dei principali impianti di conversione dell'energia (e.g. impianti a vapore, turbine a gas, sistemi cogenerativi, pompe di calore, frigoriferi ad assorbimento, etc.). Il tutto senza trascurarne l'integrazione nel sistema energetico in cui si colloca, l'impatto ambientale e la fattibilità economica.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Le conoscenze verranno verificate tramite una prova orale in cui lo studente avrà l'opportunità di discutere col docente gli argomenti principali del corso, dimostrando di avere maturato spirito critico.

#### *Capacità*

Al termine del corso lo studente saprà svolgere dei calcoli per la progettazione preliminare di impianti di conversione dell'energia, tenendo in considerazione in maniera semplificata sia le prestazioni dei singoli componenti quali le macchine a fluido sia il contesto più ampio di integrazione dell'impianto valutandone la convenienza economica, senza trascurarne l'impatto ambientale.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Lo studente dovrà dimostrare la capacità di risolvere problemi riguardanti gli argomenti principali del corso sia impostandoli che effettuando calcoli di base. Dalla discussione con il docente dovrà emergere la capacità di affrontare un problema e di organizzare un'esposizione efficace dell'argomento.

#### *Comportamenti*

Lo studente dovrà aver acquisito sensibilità alle le principali grandezze relative alle macchine a fluido ed agli impianti di conversione dell'energia ed un approccio critico ai problemi che gli si porranno.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

Durante le prove di esame verrà verificata la padronanza delle grandezze relative alle macchine a fluido ed agli impianti di conversione dell'energia tramite assunzioni e considerazioni finalizzate a dimensionare, integrare e caratterizzare gli impianti oggetto della analisi.

#### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

E' molto importante che l'esame venga sostenuto dopo il superamento degli esami del primo anno ed anche, gli esami di Fisica Tecnica, Energetica generale e di Macchine. Soprattutto quest'ultimo, che in parte si tiene in parallelo e della cui teoria, il corso in questione rappresenta la complementare applicazione pratica.

#### *Indicazioni metodologiche*

Il corso viene svolto con lezioni frontali principalmente a carattere applicativo basate sullo svolgimento di esercitazioni numeriche, pertanto la frequenza è consigliata.

La teoria necessaria viene principalmente svolta durante il corso di Macchine cui questo corso è complementare; pertanto, in questa sede verranno svolti dei richiami finalizzati alla risoluzione dei problemi pratici presentati oltre ad approfondimenti riguardanti argomenti non precedentemente trattati.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Durante la prima parte del corso, vengono riepilogati, basandosi anche sul riscontro fornito dagli studenti, concetti base della termodinamica (e.g., proprietà termodinamiche dei fluidi, primo e secondo principio della termodinamica) in maniera funzionale alla risoluzione dei successivi problemi pratici inerenti sistemi termodinamici chiusi, aperti, circuiti idraulici e macchine a fluido incomprimibile e comprimibile.

La parte centrale del corso è quella principale e si concentra su aspetti inerenti agli impianti di conversione dell'energia, basandosi su richiami di teoria ed esempi applicati risolti in classe, e.g.:

- Combustione in caldaia con calcolo del potere calorifico inferiore del combustibile.
- Ciclo a vapore / Rankine, calcolo dei punti termodinamici del ciclo, bilanci di massa ed energia finalizzati al calcolo delle portate circolanti, calcolo rendimento della centrale, analisi di secondo principio dei vari componenti.
- Ciclo combinato. Turbogas basato su ciclo Joule-Brayton di cui si calcolano i punti termodinamici e conseguentemente le prestazioni complessive. Calcolo della caldaia a recupero e ciclo a vapore a recupero sottostante in termini di prestazioni e analisi di secondo principio.
- Cogenerazione: calcolo delle prestazioni (e.g. rendimento di primo principio, risparmio di energia primaria, etc.) più configurazioni impiantistiche cogenerative, quali ciclo a gas con caldaia a recupero, ciclo a vapore a spillamento e in contropressione.
- Conversione elettrochimica dell'energia, idrogeno per celle a combustibile/ da elettrolizzatori, batterie a ioni di litio, batterie a flusso.

La parte finale del corso farà leva su quanto visto precedentemente allo scopo di effettuare delle valutazioni di natura tecnico-economica per determinare la convenienza di una determinata soluzione impiantistica, e.g.:

- Studio di fattibilità di soluzioni cogenerative valutandone sia costi che il consumo di energia primaria rispetto alle soluzioni convenzionali. Introduzione dei carichi parziali e conseguente introduzione alla gestione ottima oraria.
- Pompe di calore e Frigoriferi a compressione e assorbimento, valutazione in ottica di integrazione in sistemi multi-energia/tri-generativi.
- Comparazione del costo dell'elettricità di diverse tecnologie basandosi su costi fissi e costi variabili, esternalità ed eventuali incentivi.

Il corso si occupa dello stato dell'arte dei sistemi di conversione dell'energia che al giorno d'oggi garantisce la grande maggioranza di energia elettrica, termica e frigorifera prodotta nel mondo, ma ha anche l'obiettivo di fornire una solida base metodologica da applicare a qualsivoglia sistema energetico.

### Bibliografia e materiale didattico

Gli studenti hanno a disposizione il materiale fornito dal docente ed i due testi qui consigliati, il primo per la teoria ed il secondo come eserciziario, forniscono solide basi per corso.

Giovanni Lozza, Turbine a gas e cicli combinati, III Ed. 2016, ISBN: 9788874889341

V. Dossena, G. Ferrari, P. Gaetani, G. Montenegro, A. Onorati, G. Persico, Macchine a fluido, II Ed 2020, ISBN:9788825174311

Carlo Carcasci, Bruno Facchini, Esercitazioni di Sistemi Energetici, III Ed. 2019, ISBN 13: 9788893851220

### Modalità d'esame

Parte della valutazione si baserà su esercizi che il candidato avrà tempo di impostare e discutere poi assieme al docente. La restante parte della valutazione si baserà su ulteriori due domande per la durata di circa 20 minuti in cui allo studente verrà chiesto di discutere in maniera critica gli impianti di conversione dell'energia oggetto delle lezioni.

L'esame non è superato se il candidato mostra di non avere maturato spirito critico senza sapere impostare gli esercizi, di non esprimersi in modo chiaro (e.g., non usa in modo corretto la terminologia tecnica) e rispondere con evidenti carenze riguardo le conoscenze di base del corso.

### Altri riferimenti web

Le lezioni si svolgeranno in presenza e, per coloro che non riuscissero a partecipare di persona, verrà adoperata una soluzione multimediale quale la piattaforma TEAMS

Ultimo aggiornamento 31/12/2022 12:14