



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

### MARCO ANTONELLI

Anno accademico	2023/24
CdS	INGEGNERIA DEI VEICOLI
Codice	384II
CFU	12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
APPLICAZIONI DEI MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA	ING-IND/08	LEZIONI	60	STEFANO FRIGO LUCA MARMORINI
FONDAMENTI DI MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA	ING-IND/08	LEZIONI	60	MARCO ANTONELLI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Il corso è finalizzato all'approfondimento delle conoscenze, fornite dal corso di Macchine, nel campo della termofluidodinamica e del funzionamento dei motori a combustione interna.

Lo studente acquisirà le conoscenze sul funzionamento di un motore a combustione interna.

In particolare, il modulo Fondamenti fornirà informazioni di base su cicli termodinamici, combustione, ricambio della carica, raffreddamento, attrito ed emissioni, carburanti alternativi.

Il modulo Applicazioni e Innovazioni approfondirà le conoscenze sulle modalità di sperimentazione motore, sulle caratteristiche della sovralimentazione e dei sistemi di lubrificazione e raffreddamento motore, sull'applicazione dei combustibili alternativi, sulle combustioni innovative, sui sistemi di abbattimento emissioni, per finire con una breve analisi delle tecniche di simulazione motore.

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

Le conoscenze degli studenti saranno valutate mediante domande aperte, volte a verificare la comprensione dei concetti e la capacità di correlarli ed elaborarli. Ad esempio, allo studente viene chiesto di individuare la corretta procedura (sperimentazione) da utilizzare per l'analisi di un determinato fenomeno ed eventualmente come tale parametro varia al variare delle condizioni operative del motore.

##### *Capacità*

Lo studente acquisirà la capacità di analizzare sperimentalmente il comportamento di un motore ed eventualmente scegliere la soluzione tecnica adeguata per lo sviluppo di un nuovo motore o per l'analisi/simulazione di uno esistente.

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

I criteri di valutazione delle competenze si basano su domande aperte mediante le quali lo studente dovrà affrontare un problema plausibile di dimensionamento o analisi di una specifica architettura del motore o soluzione realizzativa. Oppure lo studente dovrà descrivere come affrontare sperimentalmente l'analisi di un parametro di funzionamento motore.

##### *Comportamenti*

- Lo studente potrà acquisire e/o sviluppare sensibilità alle problematiche di progettazione, simulazione e testing di un motore a combustione interna
- Lo studente potrà saper gestire responsabilità di conduzione di un team di progetto di un motore a combustione interna
- Lo studente potrà saper gestire la sperimentazione motore scegliendo le attrezzature più opportune
- Saranno acquisite opportune competenze per seguire con accuratezza e precisione lo svolgere di attività di raccolta e analisi di dati sperimentali

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

La valutazione dei comportamenti consiste in una domanda aperta in cui viene chiesto allo studente di spiegare il suo comportamento di fronte a un problema reale di progettazione / simulazione / test di un motore.



## UNIVERSITÀ DI PISA

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

E' molto importante che l'esame venga sostenuto dopo il superamento degli esami del primo anno e dell'esame di Macchine (o insegnamento equivalente). 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:

- seguire le lezioni
- preparazione di esami orali

Frequenza: consigliata

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Modulo di Fondamenti di motori a combustione interna

1. Generalità e caratteristiche dei motori a combustione interna
2. Richiami sui cicli ideali Otto, Diesel e Sabathè, cicli reali, pressione media indicata e reale, pressione media di attrito, rendimento meccanico.
3. Ricambio della carica nel motore a quattro tempi, coefficiente di riempimento, efflusso attraverso le valvole di aspirazione e scarico, effetti quasi-stazionari nei condotti.
4. Motori a due tempi: analisi del processo di lavaggio ideale e reale, fluidodinamica del lavaggio ed esame dei parametri che l'influenzano, pompe di lavaggio e criteri di scelta del rapporto di lavaggio, soluzioni innovative.
5. Alimentazione: cenni sui carburatori, apparati d'iniezione per motori ad accensione comandata, collettore d'aspirazione, apparati di iniezione per motori ad accensione per compressione, polverizzazione e penetrazione del getto.
6. Combustione nel motore ad accensione comandata, velocità di combustione, rilascio del calore, combustione anomala e detonazione, combustione di cariche stratificate.
7. Combustione nel motore ad accensione per compressione, ritardo di accensione, analisi della combustione nei casi di camera aperta e di precamera, polverizzazione e penetrazione del combustibile iniettato, turbolenza e moti di trascinamento della carica.
8. Ausiliari: sistema di raffreddamento, sistema di lubrificazione, filtraggio e silenziamento dell'aria d'aspirazione, silenziamento dello scarico, ausiliari elettrici.

Modulo di Applicazioni ed Innovazioni nei Motori a Combustione Interna

1. Sovralimentazione (cenni storici, tipologie, matching motore-turbocompressore, evoluzioni).
2. Utilizzo di combustibili alternativi (idrogeno, gas naturale, bio-combustibili).
3. Tecnologie e soluzioni innovative o non convenzionali.
4. Simulazioni avanzate dei motori a combustione interna.
5. Fondamenti di sperimentazione sui MCI (misura delle prestazioni, delle emissioni e caratterizzazione dei componenti).
6. Indagini sperimentali avanzate (cicli indicati valutati direttamente ed indirettamente e loro analisi, misure ottiche di temperatura, flussi e spray).
7. Esperienze al banco prova: caratterizzazione sperimentale di un MCI (misura delle grandezze caratteristiche e calcolo dei parametri di prestazione).
8. Analisi delle combustioni innovative di MCI.
9. Analisi delle problematiche connesse alla detonazione.

### Bibliografia e materiale didattico

- 1) Heywood JB. "Internal Combustion Engine Fundamentals", 2nd Edition, New York: McGraw-Hill Education; 2018. .
- 2) C. F. Taylor "The Internal Combustion Engine in Theory and Practice" (vols. 1 & 2), the M. I. T. Press, 1985.
- 3) G. Ferrari, G. D'Errico, A. Onorati, "Internal Combustion Engines" Esculapio Editore, 2022.
- 4) Martorano, Antonelli, Elementi di Macchine, ETS
- 5) Dispense fornite dai Docenti.

### 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 30-40 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.