



# UNIVERSITÀ DI PISA

## MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

MARCO ANTONELLI

Anno accademico 2022/23  
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<br>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 sulla sovralimentazione, sistemi di lubrificazione motore, sistemi di raffreddamento motore, test e attrezzature avanzate di sperimentazione, combustioni innovative, principi di simulazione motore, sistemi di abbattimento emissioni.

#### 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 spiegare perché si verifica un determinato fenomeno o cosa succede quando un parametro viene variato.

#### Capacità

Lo studente acquisirà la capacità di 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.

#### 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
- Saranno acquisite opportune accuratezza e precisione nello svolgere 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.

#### 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



## UNIVERSITÀ DI PISA

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 anomale 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. Caratterizzazione acustica dei condotti di aspirazione e scarico.
4. Tecnologie e soluzioni innovative o non convenzionali.
5. Simulazioni avanzate dei motori a combustione interna.
6. Fondamenti di sperimentazione sui MCI (misura delle prestazioni, delle emissioni e caratterizzazione dei componenti).
7. Indagini sperimentali avanzate (cicli indicati valutati direttamente ed indirettamente e loro analisi, misure ottiche di temperatura, flussi e spray).
8. Esperienze al banco prova: caratterizzazione sperimentale di un MCI (misura delle grandezze caratteristiche e calcolo dei parametri di prestazione).

### Bibliografia e materiale didattico

- 1) John B. Heywood, "Internal Combustion Engine Fundamentals" McGraw-Hill, 1988.
- 2) C. F. Taylor "The Internal Combustion Engine in Theory and Practice" (vols. 1 & 2), the M. I. T. Press, 1985.
- 3) Gordon P. Blair "Design and Simulation of Two-Stroke Engines" Society of Automotive Engineers, 1996.
- 4) G. Ferrari "Motori a combustione interna" Esculapio Editore, 2016.
- 5) Martorano, Antonelli, Elementi di Macchine, ETS
- 6) 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 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.