



Insegnamento	Motori a Combustione Interna
Livello e corso di studio	Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica (LM33)
Settore scientifico disciplinare (SSD)	IIND08/A
Anno di corso	1
Numero totale di crediti	9
Propedeuticità	Nessuna
Docente	Daniele Chiappini Corso di Studi in Ingegneria Meccanica Magistrale Nickname: chiappini.daniele Email: daniele.chiappini@unicusano.it Orario di ricevimento: Consultare il calendario alla pagina seguente del nostro sito verificando gli orari di Videoconferenza http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica
Presentazione	Il corso di motori a combustione interna ha l'obiettivo di fornire le fondamentali nozioni necessarie per lo studio e l'analisi dei moderni motori a combustione interna per l'autotrazione. L'analisi viene effettuata per le due macro-famiglie più comunemente utilizzate per autotrazione, ovvero i motori ad accensione comandata e quelli ad accensione spontanea, con particolare riferimento all'incremento delle performance ed al rispetto delle emissioni inquinanti. Lo studente deve essere in grado di comprendere la fenomenologia dei principali processi che caratterizzano tali sistemi e valutarne gli impatti sul loro funzionamento. Le Attività associate al corso sviluppano le competenze necessarie a formulare i problemi caratteristici del corso attraverso l'uso di sistemi di calcolo quali Octave/Matlab e la scrittura di elaborati tecnici tramite Word (o pacchetti gratuiti alternativi, OpenOffice).
Obiettivi formativi	Il corso di motori a combustione interna ha i seguenti obiettivi formativi: <ol style="list-style-type: none">1. Introdurre le grandezze caratteristiche per lo studio dei motori a combustione interna e presentare i cicli termodinamici di riferimento;2. Illustrare le principali problematiche inerenti all'alimentazione dei MCI sia analizzando l'andamento del coefficiente di riempimento volumetrico che proponendo l'adozione di turbocompressori;3. Illustrare le caratteristiche dei combustibili normalmente utilizzati nei motori per autotrazione illustrando i possibili schemi di iniezione;4. Illustrare le caratteristiche turbolente del moto all'interno del cilindro;



	5. Analizzare criticamente il processo di combustione con particolare attenzione alla formazione e ai metodi di abbattimento delle emissioni inquinanti.
Prerequisiti	Non ci sono propedeuticità per la materia di motori a combustione interna. Tuttavia è necessario che lo studente che si avvicina alla preparazione di questa materia abbia una buona padronanza di alcuni argomenti di matematica di base, di fisica e termodinamica applicata.
Risultati di apprendimento attesi	<p>Conoscenza e capacità di comprensione (KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING)</p> <p>Lo studente al termine del Corso avrà dimostrato di conoscere gli argomenti caratteristici dei motori a combustione interna, quali parametri geometrici, prestazionali e dispositivi per l'abbattimento e la riduzione delle emissioni inquinanti, ed avrà acquisito la capacità di analisi degli stessi. Inoltre, lo studente acquisirà la conoscenza per la valutazione di parametri fondamentali in termini progettuali come il coefficiente di riempimento volumetrico. Lo studente acquisirà conoscenze relative all'influenza della turbolenza sull'andamento del ciclo termodinamico. Lo studente acquisirà infine conoscenze sulla fenomenologia della combustione con particolare riferimento alla formazione delle emissioni inquinanti ed ai relativi metodi di abbattimento. Inoltre, tramite le Etivity lo studente acquisirà la capacità di risolvere problemi caratteristici dei motori a combustione interna all'interno del software Octave (o simili).</p> <p>Applicazione della conoscenza e comprensione (APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING)</p> <p>Lo studente sarà in grado di utilizzare le conoscenze acquisite a livello fisico/fenomenologico per l'analisi dei motori a combustione interna per trazione stradale; sarà inoltre in grado di implementare semplici codici di calcolo per la soluzione di problemi dei motori a combustione interna per il calcolo di alcune grandezze di interesse. Le Etivity prevedono l'applicazione delle conoscenze teoriche a problemi pratici da risolvere con l'ausilio di software di calcolo (Octave o simili). Lo studente acquisirà la capacità critica di interpretare i risultati ottenuti durante lo svolgimento di un esercizio numerico sia in termini di coerenza fisica dei risultati ottenuti sia in termini di fattibilità ingegneristica della soluzione individuata.</p> <p>Capacità di trarre conclusioni (ABILITY TO DRAW CONCLUSIONS)</p> <p>Lo studente sarà in grado di individuare i modelli matematici più appropriati per descrivere i problemi proposti, in accordo con la trattazione teorica sviluppata durante le lezioni.</p> <p>Abilità comunicative (COMMUNICATION SKILLS)</p> <p>Lo studente svilupperà di un linguaggio scientifico corretto e comprensibile che permetta di esprimere in modo chiaro e privo di ambiguità le conoscenze tecniche acquisite nell'ambito dei problemi proposti ed analizzati. Al termine di ogni Etivity lo studente dovrà redigere una relazione tecnica analizzando i risultati ottenuti e discutendo criticamente le condizioni di applicabilità delle equazioni utilizzate.</p> <p>Capacità di apprendere (LEARNING SKILLS)</p>



	<p>Lo studente al termine del Corso avrà conoscenza delle nozioni fondamentali necessarie per l'analisi dei motori a combustione interna per trazione stradale. Tutto ciò gli consentirà di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore maturità e gli fornirà le basi per poter apprendere quanto verrà proposto nei corsi successivi corsi della laurea specialistica in ingegneria meccanica. In conclusione, lo studente svilupperà la capacità di applicare le conoscenze acquisite per la risoluzione di problemi non familiari che abbiano come oggetto l'analisi dei dati caratteristici dei motori.</p>
Organizzazione dell'insegnamento	<p>Il corso è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma.</p> <p>Sono poi proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.</p> <p>La DIDATTICA INTERATTIVA è svolta nel forum della "classe virtuale" e comprende 2 Etivity che applicano le conoscenze acquisite nelle lezioni di teoria alla soluzione, tramite file octave e relazioni tecniche in Word redatte dallo studente, di problemi tipici dei motori a combustione interna.</p> <p>In particolare, il Corso di Motori a Combustione Interna prevede 9 Crediti formativi. Il carico totale di studio per questo modulo di insegnamento è compreso tra 220 e 250 ore così suddivise in:</p> <ul style="list-style-type: none">• Circa 196 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (28 Ore videoregistrate di Teoria) – DIDATTICA EROGATIVA.• Circa 20 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna di 2 Etivity – DIDATTICA INTERATTIVA.• Circa 10 ore di Didattica Interattiva per l'esecuzione dei test di autovalutazione – DIDATTICA INTERATTIVA. <p>Si consiglia di distribuire lo studio della materia uniformemente in un periodo di 11 settimane dedicando tra le 20 alle 30 ore di studio a settimana. Il corso è sviluppato attraverso le lezioni preregistrate audio-video che compongono, insieme a slide e dispense, i materiali di studio disponibili in piattaforma. Sono poi proposti dei test di autovalutazione, di tipo asincrono, che corredano le lezioni preregistrate e consentono agli studenti di accertare sia la comprensione, sia il grado di conoscenza acquisita dei contenuti di ognuna delle lezioni.</p>
Contenuti del corso	<p>Modulo 01 - Introduzione ai motori a combustione interna – (7 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 24.5 ore - settimana 1):</p> <p>Introduzione ai motori a combustione interna, Parametri e grandezze caratteristiche, I cicli ideali, Il ciclo Otto, Il ciclo Diesel, Il ciclo Sabathè, Il ciclo indicato, Parametri di analisi, Curve caratteristiche ed accoppiamento con l'utilizzatore.</p>



Modulo 02 - Alimentazione dei motori a combustione interna – (10 lezioni di di teoria videoregistrate per un impegno di 35 ore – settimane 2-3):

Alimentazione dei motori a combustione interna, Valutazione del coefficiente di riempimento, Effetti quasi-stazionari, Riscaldamento della carica fresca, Resistenze fluidodinamiche, Efflusso attraverso le valvole, Rapporto aria-combustibile, Parametri motoristici, Temperatura aria ambiente, Temperatura del liquido di raffreddamento, Rapporti geometrici.

Modulo 03 - Effetti dinamici sul coefficiente di riempimento volumetrico – (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10.5 ore - settimana 3):

Effetti dinamici sul coefficiente di riempimento volumetrico, Effetto inerziale, Effetti d'onda.

Modulo 04 - La sovralimentazione dei motori a combustione interna – (8 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 28 ore – settimane 4-5):

La sovralimentazione dei motori a combustione interna, Schemi di sovralimentazione, Analisi della sovralimentazione, Sistema a pressione costante, Sistema ad impulsi, Effetto della sovralimentazione sul motore a combustione interna, Necessità del raffreddamento della carica, Turbomatching, Transitori di carico, Motori per trazione stradale.

Modulo 05 - Combustibili per motori a combustione interna – (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10.5 ore - settimana 5):

Combustibili per motori a combustione interna, Rapporto aria-combustibile, Caratteristiche dei combustibili, Potere calorifico, Resistenza alla detonazione, Accendibilità, Volatilità.

Modulo 06 - Iniezione di combustibile – (6 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 21 ore – settimana 6):

Iniezione di combustibile, Iniezione di combustibile nei motori ad accensione comandata, Iniezione elettronica a punti multipli, Iniezione elettronica a punto singolo, Regolazione della dosatura tramite sonda lambda, Iniezione di combustibile nei motori ad accensione spontanea, Common rail, Elettroiniettore, Treno di iniezioni, Breakup primario e secondario.

Modulo 07 - Moto dell'aria – (5 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 17.5 ore - settimana 7):

Moto dell'aria, Moti turbolenti, Scale caratteristiche, I moti organizzati in camera di combustione, Swirl, Tumble, Squish, Evoluzione del moto nel ciclo.

Modulo 08 - La combustione - (8 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 28 ore – settimane 7-8):

La combustione, Fondamenti del processo di combustione, Velocità di combustione, Autoaccensione, Propagazione del fronte di fiamma, Combustione turbolenta,



Combustione diffusiva, Combustione nei motori ad accensione comandata, Legge di rilascio del calore, Combustioni anomale, Accensione a superficie, Detonazione, Camere di combustione per motori ad accensione comandata, Combustione nei motori ad accensione spontanea, Ritardo all'accensione, Combustione premiscelata e combustione diffusiva, Legge di rilascio calore, Camere di combustione per motori ad accensione spontanea.

Modulo 09 - Formazione e Controllo delle Emissioni Inquinanti – (6 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 21 ore - settimana 10):

Formazione e Controllo delle Emissioni Inquinanti, Meccanismi di formazione delle specie inquinanti, Ossidi di carbonio, Idrocarburi incombusti, Ossidi di azoto, Particolato, Formazione delle emissioni inquinanti nei motori ad accensione comandata, Formazione delle emissioni inquinanti nei motori ad accensione spontanea, Controllo ed abbattimento delle emissioni inquinanti nei motori ad accensione comandata, Interventi sui combustibili, Interventi sull'alimentazione, Interventi sull'ottimizzazione del processo di combustione, Convertitore catalitico trivalente, Eliminazione degli NOx nelle miscele magre, Lean NOx trap, Selective catalytic reduction, Passive selective catalytic reduction, Controllo ed abbattimento delle emissioni inquinanti nei motori ad accensione spontanea, Diesel oxidation catalyst, Selective catalytic reduction, Diesel particulate filter.

Etivity 1 – Risoluzione problema in Octave e stesura relazione tecnica (10 ore di carico di studio - settimana 11).

In questa seconda Etivity vengono proposti due cicli di pressione, uno relativo ad un motore aspirato e uno ad un motore turbocompresso a diverse velocità di rotazione. Lo studente dovrà riconoscere la categoria di ogni ciclo fornito e valutare alcune grandezze fondamentali. Al termine dell'esercizio lo studente deve formalizzare una relazione scritta da inviare al docente per la valutazione.

Etivity 2 – Risoluzione problema in Octave e stesura relazione tecnica (10 ore di carico di studio - settimana 11).

In questa seconda Etivity vengono fornite diverse serie di cicli motore per i quali devono essere valutate le principali grandezze medie e turbolente. Al termine dell'esercizio lo studente deve formalizzare una relazione scritta da inviare al docente per la valutazione.

Materiali di studio

MATERIALI DIDATTICI A CURA DEL DOCENTE

Il materiale didattico presente in piattaforma è suddiviso in 9 moduli. Essi ricoprono interamente il programma e ciascuno di essi contiene dispense, slide e videolezioni in cui il docente commenta le slide. Tale materiale contiene tutti gli elementi necessari per affrontare lo studio della materia.

Testi consigliati:

- Motori a Combustione Interna, G. Ferrari, Il Capitello



	<ul style="list-style-type: none">• Internal Combustion Engines Fundamentals, J. B . Heywood, MacGraw-Hill
Modalità di verifica dell'apprendimento	<p>L'esame consiste nello svolgimento di una prova scritta tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e di una serie di attività (etivity) svolte durante il corso nelle classi virtuali.</p> <p>La valutazione delle etivity da 0 a 5 punti, è effettuata, in itinere, durante la durata del corso <u>(le etivity devono essere consegnate rigorosamente entro 7 giorni prima della data d'esame oppure 7 giorni prima del secondo esonero nel caso di prove parziali – eventuali ritardi causeranno la non valutazione delle stesse).</u></p> <p>In caso di svolgimento delle etivity, nella valutazione del voto finale si terrà conto delle Etivity se e solo se il voto della prova scritta risulterà superiore a 15/25. La modalità d'esame prevede la possibilità di svolgere l'esame in parziali. Il primo esonero si basa sui moduli da 1 a 5, il secondo sui moduli da 6 a 9.</p> <p>L'esame presso la sede di Roma (in presenza) si svolge attraverso delle domande a risposta aperta. Il numero totale di domande è 6 ognuna valutata da 0 a 5 punti. Lo studente può scegliere se eseguire:</p> <ul style="list-style-type: none">• I Parziale – Domande da 1 a 3 – sufficienza 11/15;• Il Parziale – Domande da 4 a 6 – sufficienza 11/15 – solo se si è superato il I Parziale (durata voto positivo primo parziale 1 anno solare dalla data del superamento);• Esame Competo con etivity consegnate – Domande da 1 a 3 + 2 domande a scelta tra 4,5 e 6 – Le etivity vengono considerate se il voto della prova scritta risulti superiore a 15/25;• Esame Completo senza etivity – Domande da 1 a 6 – Sufficienza 18/30. <p>In caso di prova scritta in sede, indipendentemente dalla modalità scelta, la prova durerà 90 minuti.</p> <p>L'esame in via telematica si svolge attraverso dei quiz a risposta multipla (scelta singola): 30 minuti per 30 domande – I Parziale – sufficienza 18/30; 30 minuti per 30 domande – Il Parziale – sufficienza 18/30; 60 minuti per 60 domande – Esame completo – sufficienza 36/60.</p> <p>All'inizio della prova il docente abiliterà per tutti gli iscritti le tre tipologie di test – temporizzati secondo l'elenco riportato sopra;</p> <p>lo studente deve scegliere all'inizio della prova quale modalità sostenere (non si può iniziare il parziale e poi passare al totale o viceversa);</p> <p>in caso di doppia esecuzione la prova verrà ritenuta nulla.</p>



UNIVERSITÀ CUSANO

	<p>Nel caso di svolgimento delle prove parziali (sia prova in sede che telematica), la valutazione delle etivity si aggiungerà a quella delle due prove parziali svolte (e valutate positivamente).</p> <p>I risultati di apprendimento attesi circa le conoscenze della materia e la capacità di applicarle sono valutate dalla prova scritta, mentre le abilità comunicative, la capacità di trarre conclusioni e la capacità di autoapprendimento sono valutate in itinere attraverso le etivity. In sede di valutazione finale, si terrà conto anche della proficua partecipazione ai forum (aule virtuali) e al corretto svolgimento delle etivity proposte.</p>
Criteria per l'assegnazione dell'elaborato finale	<p>L'assegnazione dell'elaborato finale avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici interessi in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono preclusioni alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una media particolare per poterla richiedere.</p>