



# UNICUSANO

Università degli Studi Niccolò Cusano - Telematica Roma

<b>Insegnamento</b>	<b>Motori a Combustione Interna</b>
<b>Livello e corso di studio</b>	Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica LM33
<b>Settore scientifico disciplinare (SSD)</b>	ING-IND/08
<b>Anno di corso</b>	1
<b>Anno Accademico</b>	2019 – 2020
<b>Numero totale di crediti</b>	9
<b>Propedeuticità</b>	<b>Nessuna</b>
<b>Docente</b>	Daniele Chiappini Facoltà: Ingegneria 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 <a href="http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica">http://www.unicusano.it/calendario-lezioni-in-presenza/calendario-area-ingegneristica</a>
<b>Presentazione</b>	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 Etivity 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).
<b>Obiettivi formativi</b>	Il corso di fluidodinamica delle macchine ha i seguenti obiettivi formativi: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introdurre le grandezze caratteristiche per lo studio dei motori a combustione interna e presentare i cicli termodinamici di riferimento;</li> <li>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;</li> <li>3. Illustrare le caratteristiche dei combustibili normalmente utilizzati nei motori per autotrazione illustrando i possibili schemi di iniezione;</li> <li>4. Illustrare le caratteristiche turbolente del moto all'interno del cilindro;</li> <li>5. Analizzare criticamente il processo di combustione con particolare attenzione alla formazione e ai metodi di abbattimento delle emissioni inquinanti.</li> </ol>
<b>Prerequisiti</b>	Non ci sono propedeuticità per 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.
<b>Risultati di apprendimento attesi</b>	<u>Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding):</u> 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

	<p>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><u>Conoscenze e capacità di comprensione applicate (applying knowledge and understanding):</u>  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><u>Autonomia di giudizio (making judgements):</u>  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><u>Abilità comunicative (communication skills):</u>  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><u>Capacità di apprendere (learning skills):</u>  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>
<p><b>Organizzazione dell'insegnamento</b></p>	<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:  circa 196 ore per la visualizzazione e lo studio del materiale videoregistrato (28 Ore videoregistrate di Teoria).  Circa 20 ore di Didattica Interattiva per l'elaborazione e la consegna di 2 Etivity.  Circa 10 ore di Didattica Interattiva per l'esecuzione dei test di autovalutazione.</p> <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</p>
<p><b>Contenuti del corso</b></p>	<p><b>Modulo 01 - Introduzione ai motori a combustione interna</b> – (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> <p><b>Modulo 02 - Alimentazione dei motori a combustione interna</b> – (10 lezioni di di teoria videoregistrate per un impegno di 35 ore – settimane 2-3):</p> <p>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.</p> <p><b>Modulo 03 - Effetti dinamici sul coefficiente di riempimento volumetrico</b> – (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10.5 ore - settimana 3):</p> <p>Effetti dinamici sul coefficiente di riempimento volumetrico, Effetto inerziale, Effetti d'onda.</p> <p><b>Modulo 04 - La sovralimentazione dei motori a combustione interna</b> – (8 lezioni di teoria videoregistrate per</p>

	<p>un impegno di 28 ore – settimane 4-5):</p> <p>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.</p> <p><b>Modulo 05 - Combustibili per motori a combustione interna</b> – (3 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 10.5 ore - settimana 5):</p> <p>Combustibili per motori a combustione interna, Rapporto aria-combustibile, Caratteristiche dei combustibili, Potere calorifico, Resistenza alla detonazione, Accendibilità, Volatilità.</p> <p><b>Modulo 06 - Iniezione di combustibile</b> – (6 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 21 ore - settimana 6):</p> <p>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.</p> <p><b>Modulo 07 - Moto dell'aria</b> – (5 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 17.5 ore - settimana 7):</p> <p>Moto dell'aria, Moti turbolenti, Scale caratteristiche, I moti organizzati in camera di combustione, Swirl, Tumble, Squish, Evoluzione del moto nel ciclo.</p> <p><b>Modulo 08 - La combustione</b> - (8 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 28 ore – settimane 7-8):</p> <p>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.</p> <p><b>Modulo 09 - Formazione e Controllo delle Emissioni Inquinanti</b> – (6 lezioni di teoria videoregistrate per un impegno di 21 ore - settimana 10):</p> <p>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.</p> <p><b>Etivity 1</b> – Risoluzione problema in Octave e stesura relazione tecnica (10 ore di carico di studio - settimana 11).</p> <p>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.</p> <p><b>Etivity 2</b> – Risoluzione problema in Octave e stesura relazione tecnica (10 ore di carico di studio - settimana 11).</p> <p>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.</p>
<b>Materiali di studio</b>	<p><b>MATERIALI DIDATTICI A CURA DEL DOCENTE</b></p> <p>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.</p>

	<p><b>Testi consigliati:</b>  <b><i>Motori a Combustione Interna</i></b>, G. Ferrari, Il Capitello  <b><i>Internal Combustion Engines Fundamentals</i></b>, J. B. Heywood, MacGraw-Hill</p>
<p><b>Modalità di verifica dell'apprendimento</b></p>	<p>L'esame consiste nello svolgimento di una <b>prova scritta</b> tendente ad accertare le capacità di analisi e rielaborazione dei concetti acquisiti e di una serie di attività (<b>Etivity</b>) svolte durante il corso nelle <b>classi virtuali</b>. La valutazione delle Etivity da 0 a 5 punti, è effettuata, in itinere, durante la durata del corso. L'esame di profitto è valutato per i restanti da 0 a 25 e può essere effettuato in forma scritta sia presso la sede di Roma sia presso i poli didattici previa prenotazione da parte dello studente. Nella valutazione del voto finale si terrà conto delle Etivity <b>se e solo se</b> il voto della prova scritta risulterà superiore a 15/25.</p> <p>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 6-9. <b>Ovviamente si può scegliere il secondo esonero solo dopo aver superato il primo (valutazione 9/15 – il totale delle prime tre domande è pari a 15/15). Si ritiene sufficiente il secondo esonero con una votazione minima di 9/15 – La valutazione massima delle ultime tre domande è 15/15.</b> La valutazione di ogni singola domanda rimane inalterata (5/30). Lo studente può scegliere in sede d'esame una delle seguenti modalità (in caso di assenza di spunta si ritiene da svolgere ESAME COMPLETO SENZA ETIVITY):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Primo Esonero – Moduli da 1 a 5 (Svolgere solo i quesiti 1, 2, 3)</b></li> <li>- <b>Secondo Esonero – Moduli da 6 a 9 (Svolgere solo i quesiti 4, 5, 6)</b></li> <li>- <b>Esame Completo – con e-tivity svolte (Svolgere solo i quesiti 1, 2, 3 e due quesiti tra 4, 5, 6)</b></li> <li>- <b>Esame Completo – senza e-tivity svolte (Svolgere solo i quesiti 1, 2, 3, 4, 5, 6)</b></li> </ul> <p>La prova scritta prevede <b>6 domande sull'intero programma del corso</b>. Ogni domanda ha una valutazione compresa tra 0 e 5 punti. Particolare attenzione nella valutazione delle risposte date viene data alla capacità dello studente di rielaborare il materiale presente in piattaforma.</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.</p>
<p><b>Criteri per l'assegnazione dell'elaborato finale</b></p>	<p>L'assegnazione dell'<b>elaborato finale</b> avverrà sulla base di un colloquio con il docente in cui lo studente manifesterà i propri specifici <b>interessi</b> in relazione a qualche argomento che intende approfondire; non esistono <b>preclusioni</b> alla richiesta di assegnazione della tesi e non è prevista una <b>media particolare</b> per poterla richiedere.</p>