

FACOLTÀ di INGEGNERIA - Corso di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica
Classe LM-33 Ingegneria meccanica
REGOLAMENTO DIDATTICO
Parte generale

Art. 1. Premessa e ambito di competenza

Il presente Regolamento, in conformità allo Statuto e al Regolamento Didattico di Ateneo, disciplina gli aspetti organizzativi dell'attività didattica del corso di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica, nonché ogni diversa materia ad esso devoluta da altre fonti legislative e regolamentari.

Il Regolamento didattico del corso di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica ai sensi dell'articolo 19, comma 3 del Regolamento Didattico di Ateneo, parte generale, è deliberato dal Consiglio dei corsi di studio (CCS) di Ingegneria Meccanica a maggioranza dei componenti e sottoposto all'approvazione del Consiglio di Facoltà, in conformità con l'ordinamento didattico riportato nella parte speciale del Regolamento didattico di Ateneo.

Art. 2. Requisiti di ammissione. Modalità di verifica

L'ammissione alla Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica è subordinata al possesso di specifici requisiti curriculari e di adeguatezza della preparazione personale.

I requisiti curriculari necessari per l'iscrizione al corso di laurea magistrale sono indicati nell'ordinamento didattico del corso e devono essere acquisiti prima dell'immatricolazione.

Nel caso di possesso di lauree differenti da quelle indicate nell'ordinamento didattico del corso, il CCS verificherà la presenza dei requisiti curriculari o delle conoscenze equivalenti, sulla base degli esami sostenuti dallo studente nel corso di laurea di provenienza, nonché la presenza di eventuali esami extracurriculari, le attività di stage e le esperienze lavorative maturate.

Ai fini dell'ammissione al corso di laurea magistrale gli studenti, in possesso dei requisiti curriculari, dovranno sostenere con esito positivo una prova per la verifica della preparazione personale, salvo i casi disposti dall'ultimo comma.

La prova di verifica sarà svolta sotto forma di colloquio pubblico o di test scritto, e sarà finalizzata ad accertare la preparazione generale dello studente con particolare riferimento alle materie ingegneristiche di base e caratterizzanti specifiche dell'ingegneria industriale.

La prova è sostenuta davanti ad una Commissione nominata dal CCS e composta da docenti afferenti al CCS.

Nel Bando per l'Immatricolazione ai Corsi di Laurea della Facoltà saranno indicati: la composizione della Commissione d'esame, le modalità della prova, il luogo e la data, gli argomenti oggetto d'esame, i criteri di valutazione dei candidati.

Ai fini della valutazione dello studente la Commissione terrà conto anche del curriculum ottenuto nel percorso di laurea triennale. L'esito della prova prevede la sola dicitura "superato", "non superato".

L'adeguatezza della preparazione personale è automaticamente verificata per coloro che hanno conseguito la laurea triennale, italiana od estera, o titolo giudicato equivalente in sede di accertamento dei requisiti curriculari, con una votazione finale di almeno 9/10 del voto massimo previsto dalla propria laurea o che hanno conseguito una votazione finale corrispondente almeno alla classifica "A" del sistema ECTS.

Art. 3. Attività formative

Per ogni insegnamento vi è un docente responsabile. E' docente responsabile di un insegnamento chi ne sia titolare a norma di legge, ovvero colui al quale il Consiglio di Facoltà abbia attribuito la responsabilità stessa in sede di affidamento dei compiti didattici ai docenti.

L'elenco degli insegnamenti e delle altre attività formative attivabili è riportato nell'apposito allegato (ALL. 1) che costituisce parte integrante del presente regolamento.

La lingua usata per erogare le attività formative (lezioni, esercitazioni, laboratori) è l'italiano o un'altra lingua della UE. In ogni insegnamento, se previsto in ogni modulo, e in ogni ciclo di esercitazioni e/o di laboratorio la lingua usata sarà unica. Nel Manifesto degli studi sarà specificata la lingua in cui viene erogata ogni attività formativa.

Art. 4. Curricula

Il corso di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica è articolato nei seguenti curricula:

Curriculum Energia

Il curriculum Energia è orientato ai due principali settori energetici:

Curriculum Energia - Macchine e sistemi per l'energia

Curriculum Energia - Termoenergetica e impianti

Dopo un primo anno di apprendimento delle discipline generali caratterizzanti l'ingegneria meccanica (meccanica applicata e costruzioni di macchine, macchine, sistemi per la conversione dell'energia, fisica tecnica, tecnica del freddo ed energetica) completate da un approfondimento degli strumenti matematici avanzati necessari (tecniche di calcolo numerico), gli allievi hanno la possibilità di approfondire aspetti specifici dell'ingegneria meccanica per l'energia quali macchine e sistemi energetici, sistemi termotecnici, impianti e componenti per le energie rinnovabili e nucleari, sistemi anche innovativi per il condizionamento e la refrigerazione, motori a combustione interna, turbomacchine, turbine a gas e cicli avanzati, con la scelta tra due diversi orientamenti, Macchine e Sistemi per l'energia e Termoenergetica e impianti.

Curriculum Progettazione e Produzione

Anche il curriculum progettazione e produzione è articolato nei due settori fondamentali:

Curriculum Progettazione e Produzione - Produzione

Curriculum Progettazione e Produzione - Progettazione

Dopo un primo anno di apprendimento delle discipline generali caratterizzanti l'ingegneria meccanica (meccanica applicata, costruzioni di macchine, tecnologia meccanica, impianti industriali, macchine e fisica tecnica) completate da un approfondimento degli strumenti matematici avanzati necessari (tecniche di calcolo numerico), gli allievi hanno la possibilità di approfondire aspetti specifici di progettazione e produzione meccanica in diversi settori caratterizzanti, che offrono gli strumenti per risolvere anche in modo innovativo problemi inerenti il progetto funzionale e costruttivo di componenti e sistemi meccanici, azionamenti, meccanismi, la loro regolazione ed automazione, l'uso appropriato di materiali anche innovativi utilizzabili nei cicli produttivi e di lavorazione meccanica. Il settore della produzione di sistemi e componenti meccanici sarà integrato da nozioni di economia aziendale, ottimizzazione dei cicli produttivi ed economia per l'ingegneria.

L'organizzazione in diversi curricula consente allo studente di individuare anche percorsi interdisciplinari per affrontare tematiche complesse che richiedano competenze trasversali quali ad esempio i veicoli terrestri.

Art. 5. Impegno orario complessivo

La definizione della frazione oraria dedicata a lezioni o attività didattiche equivalenti è stabilita, per ogni insegnamento, dal CCS contestualmente alla definizione del Manifesto degli studi. In ogni caso si assumono i seguenti intervalli di variabilità della corrispondenza ore aula/ CFU: $6 \div 13$ ore di lezione o di attività didattica integrativa (art. 32 dello statuto) = 1 credito; $12 \div 19$ ore di esercitazione = 1 credito; $18 \div 25$ ore di laboratorio = 1 credito.

Il Preside e il Presidente del CCS sono incaricati di verificare il rispetto delle predette prescrizioni, anche ai fini della pubblicazione dei programmi dei corsi.

Art. 6. Piani di studio e propedeuticità

Lo studente a tempo pieno svolge la propria attività formativa tenendo conto del piano di studio predisposto dal corso di laurea magistrale, distinto per anni di corso e pubblicato nel Manifesto degli studi. Il piano di studio formulato dallo studente deve contenere l'indicazione delle attività formative, con i relativi crediti che

intende conseguire, previsti dal piano di studio ufficiale per tale periodo didattico, da un minimo di 45 ad un massimo di 65 dei crediti previsti in ogni anno.

Il corso di laurea magistrale, con esplicita e motivata deliberazione, può autorizzare gli studenti che nell'anno accademico precedente hanno dimostrato un rendimento negli studi particolarmente elevato ad inserire nel proprio piano di studio un numero di crediti superiore a 65, ma in ogni caso non superiore a 75.

Per "rendimento particolarmente elevato" si intende che lo studente abbia superato tutti gli esami del proprio piano di studio entro il mese di settembre.

Il limite di 75 crediti è elevato a 90 unicamente nei casi di trasferimenti da sedi universitarie diverse o qualora questo consenta il completamento del piano di studio.

La modalità e il termine per la presentazione del piano di studio sono stabiliti annualmente dalla Facoltà nel Manifesto degli studi.

La Facoltà vincola il percorso formativo dello studente attraverso un sistema di propedeuticità che sono indicate esplicitamente per ciascun corso di studio. Le propedeuticità sono indicate nel Manifesto degli studi.

Art. 7. Frequenza e modalità di svolgimento delle attività didattiche

Gli insegnamenti possono assumere la forma di: (a) lezioni, anche a distanza mediante mezzi telematici; (b) esercitazioni pratiche; (c) esercitazioni in laboratorio.

La frequenza alle lezioni e alle altre forme di attività formativa è obbligatoria. La frequenza è riconosciuta agli studenti che frequentano almeno il 70% dell'attività formativa svolta nell'ambito dei singoli insegnamenti e delle altre forme di attività formativa.

In presenza di documentate motivazioni, come lavoro o malattia, l'obbligo della frequenza può essere ridotto o limitato a specifiche attività (esercitazioni, laboratori, ecc.), subordinatamente a specifica delibera del CCS.

Il CCS può esonerare lo studente dall'obbligo di frequenza, in tutto o in parte, limitatamente al periodo di tempo strettamente pertinente, in caso di trasferimento da altra Università in corso d'anno, o di iscrizione tardiva per motivi non imputabili allo studente stesso.

La frequenza è anche riconosciuta per gli insegnamenti non curricolari inseriti nel piano di studio della laurea di provenienza, qualora lo studente ne abbia regolarmente frequentato le attività secondo quanto definito in precedenza.

Gli studenti non possono sostenere esami di profitto per gli insegnamenti e le altre attività formative di cui non abbiano ottenuto il riconoscimento della frequenza e devono frequentare tali attività nell'anno accademico successivo.

Le modalità della verifica della frequenza sono definite e gestite dal CCS e riportate nella relativa parte del manifesto.

Il calendario delle lezioni è articolato in semestri.

Di norma, il semestre è suddiviso in almeno 12 settimane di lezione più almeno 4 settimane complessive per prove di verifica ed esami di profitto.

Il periodo destinato agli esami di profitto termina con l'inizio delle lezioni del nuovo anno accademico.

L'orario delle lezioni per l'intero anno accademico è esposto all'albo della Facoltà e pubblicato prima dell'inizio dell'anno accademico. L'orario delle lezioni garantisce la possibilità di frequenza per anni di corso previsti dal vigente Manifesto degli studi. Per ragioni pratiche non è garantita la compatibilità dell'orario per tutte le scelte formalmente possibili degli insegnamenti opzionali. Gli studenti devono quindi formulare il piano di studio tenendo conto dell'orario delle lezioni.

Art. 8. Esami e altre verifiche del profitto

Gli esami di profitto possono essere svolti in forma scritta, orale, o scritta e orale, secondo le modalità indicate dal docente. Tale modalità è riportata nel Manifesto degli studi.

Nel caso di insegnamenti strutturati in moduli con più docenti, questi partecipano collegialmente alla valutazione complessiva del profitto dello studente che non può, comunque, essere frazionata in valutazioni separate sui singoli moduli.

Il calendario degli esami di profitto è stabilito entro il 31 ottobre per l'anno accademico successivo e viene pubblicizzato dalla Facoltà.

Il calendario delle eventuali prove di verifica in itinere è stabilito dal CCS e comunicato agli studenti prima dell'inizio di ogni ciclo didattico.

Gli esami si svolgono nei periodi di interruzione delle lezioni. Per gli studenti non soggetti a obblighi di frequenza gli esami possono essere svolti in ogni periodo dell'anno.

Tutte le verifiche del profitto relative alle attività formative debbono essere superate dallo studente almeno venti giorni prima della data prevista per il sostenimento della prova finale.

L'esito dell'esame, con la votazione conseguita, è verbalizzato seduta stante. Nel caso in cui l'esame non si concluda con una prova orale la verbalizzazione avviene al momento della presentazione dello studente per la registrazione del voto. Lo studente deve essere convocato a tal fine, di norma, entro un mese dall'effettuazione dell'esame ed è tenuto a presentarsi alla convocazione. Nel caso in cui lo studente non si presenti alla convocazione il voto è registrato d'ufficio.

Il trattamento individualizzato in favore degli studenti diversamente abili per il superamento degli esami è consentito previa intesa con il docente della materia e con l'ausilio del docente referente per gli studenti disabili.

Agli studenti diversamente abili sono consentite prove d'esame equipollenti e tempi più lunghi per l'effettuazione delle stesse e la presenza di assistenti per l'autonomia e/o la comunicazione in relazione al grado e alla tipologia della loro disabilità.

Art. 9. Riconoscimento di crediti

Il corso di laurea magistrale delibera sull'approvazione delle domande di passaggio o trasferimento da un altro corso di laurea magistrale dell'Ateneo o di altre Università secondo le norme previste dall'art. 22 del Regolamento didattico di Ateneo. Delibera altresì il riconoscimento, quale credito formativo, per un numero massimo di 20 CFU, di conoscenze e abilità professionali certificate ai sensi della normativa vigente.

Nella valutazione delle domande di passaggio si terrà conto delle specificità didattiche e dell'attualità dei contenuti formativi dei singoli esami sostenuti, riservandosi di stabilire di volta in volta eventuali forme di verifica ed esami integrativi.

Art. 10. Mobilità, studi compiuti all'estero, scambi internazionali

Il corso di laurea magistrale incoraggia fortemente le attività di internazionalizzazione, in particolare la partecipazione degli studenti ai programmi di mobilità e di scambi internazionali (Socrates/Erasmus, ecc.) e gli accordi per l'ottenimento di titoli multipli e/o congiunti a livello internazionale. A tal fine garantisce, secondo le modalità previste dalle norme vigenti, il riconoscimento dei crediti formativi conseguiti all'interno di tali programmi, e organizza le attività didattiche opportunamente in modo da rendere agevole ed efficaci tali attività.

Il CCS riconosce agli studenti iscritti, che abbiano regolarmente svolto e completato un periodo di studi all'estero, gli esami sostenuti all'estero e il conseguimento dei relativi crediti che lo studente intenda sostituire a esami del proprio piano di studi.

Ai fini del riconoscimento di tali esami, lo studente all'atto della compilazione del piano delle attività formative che intende seguire nell'ateneo estero, dovrà produrre idonea documentazione comprovante l'equivalenza dei contenuti tra l'insegnamento impartito all'estero e l'insegnamento che intende sostituire impartito nel corso di laurea magistrale in Ingegneria Meccanica. L'equivalenza è valutata dal CCS.

La conversione dei voti avverrà secondo una tabella approvata dal CCS, congruente con il sistema europeo ECTS.

Art. 11. Modalità della prova finale

La prova finale consiste nella discussione di un elaborato scritto, tendente ad accertare la preparazione tecnico-scientifica e professionale del candidato.

Ai fini del conseguimento della laurea magistrale, l'elaborato finale consiste nella redazione di una tesi, elaborata dallo studente in modo originale sotto la guida di uno o più relatori, su un argomento definito attinente ad una disciplina di cui abbia superato l'esame. In ogni caso tra i relatori deve essere presente almeno un docente della Facoltà.

La tesi può essere redatta anche in lingua Inglese; in caso di utilizzo di altra lingua della UE è necessaria l'autorizzazione del CCS. In questi casi la tesi deve essere corredata dal titolo e da un ampio sommario in italiano.

La tesi dovrà rivelare lo sviluppo da parte dell'allievo delle capacità di applicare conoscenze e comprendere problemi anche nuovi, che vanno dallo sviluppo tecnologico ai temi di ricerca tipici dell'ingegneria meccanica.

La Commissione per la prova finale è composta da cinque componenti compreso il Presidente ed è nominata dal Preside.

Le modalità di svolgimento della prova finale consistono nella presentazione orale della tesi di laurea da parte dello studente alla commissione per la prova finale, seguita da una discussione sulle questioni eventualmente poste dai membri della commissione.

La valutazione della prova finale da parte della commissione per la prova finale avviene, in caso di superamento della prova finale, attribuendo un incremento, variabile da 0 ad un massimo stabilito dalla Facoltà e riportato nel manifesto degli studi, alla media ponderata dei voti riportati nelle prove di verifica relative ad attività formative che prevedono una votazione finale, assumendo come peso il numero di crediti associati alla singola attività formativa.

Art. 12. Orientamento e tutorato

Il CCS organizza e gestisce un servizio di tutorato per l'accoglienza e il sostegno degli studenti, al fine di prevenire la dispersione e il ritardo negli studi e di promuovere una proficua partecipazione attiva alla vita universitaria in tutte le sue forme.

Il corso di laurea prevede un tutor ogni 20 studenti iscritti e i nominativi dei tutor nonché gli orari di ricevimento sono reperibili nel sito web del CS.

Art. 13. Verifica dell'obsolescenza dei crediti

I crediti acquisiti nell'ambito del corso di laurea magistrale hanno validità per 6 anni.

Trascorso il periodo indicato, i crediti acquisiti debbono essere convalidati con apposita delibera qualora il CCS riconosca la non obsolescenza dei relativi contenuti formativi.

Qualora il CCS riconosca l'obsolescenza anche di una sola parte dei relativi contenuti formativi, lo stesso CCS stabilisce le prove integrative che dovranno essere sostenute dallo studente, definendo gli argomenti delle stesse e le modalità di verifica.

Una volta superate le verifiche previste, il CCS convalida i crediti acquisiti con apposita delibera. Qualora la relativa attività formativa preveda una votazione, la stessa potrà essere variata rispetto a quella precedentemente ottenuta, su proposta della Commissione d'esame che ha proceduto alla verifica.

Art. 14. Verifica periodica dei crediti

Ogni tre anni le competenti strutture didattiche, previa opportuna valutazione, deliberano se debba essere attivata una procedura di revisione dei regolamenti didattici dei corsi di studio, con particolare riguardo al numero dei crediti assegnati ad ogni attività formativa. La stessa procedura viene altresì attivata ogni volta in cui ne facciano richiesta il Presidente del CCS o almeno un quarto dei componenti del consiglio stesso.

Art. 15. Manifesto degli Studi

La Facoltà pubblica annualmente il Manifesto degli studi. Nel manifesto sono indicate le principali disposizioni dell'ordinamento didattico e del regolamento didattico del corso di laurea magistrale, a cui eventualmente si aggiungono indicazioni integrative.

Il Manifesto degli studi del corso di laurea magistrale contiene l'elenco degli insegnamenti attivati per l'anno accademico in questione e per ognuno di essi:

- gli obiettivi formativi specifici
- numero di CFU
- settore scientifico-disciplinare ove pertinente
- tipologia e ambito dell'attività formativa
- modalità di svolgimento delle lezioni
- lingua in cui vengono svolte le lezioni
- numero di ore di lezione frontale
- numero di ore di esercitazioni, se pertinente
- numero di ore di attività di laboratorio, se pertinente
- titolo e numero di ore del corso integrativo, se pertinente
- modalità della prova di esame (scritto, orale, solo scritto o solo orale)

Se l'insegnamento è composto da più moduli, tali informazioni sono ripetute per ogni modulo.

Inoltre sono riportate le disposizioni relative alla prova finale, i sistemi di propedeuticità e tutte le altre informazioni utili agli studenti.

Il Manifesto è approvato dalla Facoltà.

Art. 16. Sistema di valutazione della qualità

Il corso di laurea magistrale adotta e gestisce un sistema di gestione per la qualità.

Esso consiste in un sistema di autovalutazione, incentrato sulla compilazione, con cadenza annuale, di una scheda / questionario proposta dal Nucleo di Valutazione di Ateneo, articolata sui seguenti punti caratterizzanti:

1. Obiettivi formativi e di apprendimento
2. Progettazione dell'attività didattica e dell'erogazione dei servizi
3. Criteri di ammissione
4. Erogazione della didattica
5. Esami e prova finale
6. Modalità di monitoraggio
7. Modalità di revisione
8. Comitati di indirizzo
9. Commissioni paritetiche
10. Risorse
11. Verifica dei risultati raggiunti dagli studenti

Le indicazioni proposte sono oggetto di validazione a cura del Nucleo, che esamina punti di forza o debolezza del corso di laurea magistrale e del relativo sistema, e suggerisce azioni finalizzate al miglioramento continuo.

Art. 17. Norme transitorie e finali

Ai sensi dell'art. 13 comma 5 del D.M. 270/2004 è assicurata la facoltà, per gli studenti iscritti a corsi di studio attivati a norma degli ordinamenti didattici previgenti, di optare per l'iscrizione ai corsi di studio previsti dal nuovo ordinamento ex DM 270/04. Le corrispondenti convalide di crediti ed esami saranno riconosciute agli interessati dal CCS.

Allegato 1 al Regolamento didattico del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica della Facoltà di Ingegneria

Elenco delle attività formative attivabili e relativi obiettivi formativi

Attività formativa	CFU	ORE*	SSD Ins	Obiettivi formativi
Acustica applicata	6	60	ING-IND/11	Lo studio delle applicazioni dell'acustica affronterà temi di interesse per l'ingegneria meccanica e per il settore dell'energia. Particolare attenzione sarà dedicata all'impatto acustico degli impianti tecnici, a valle della definizione delle principali grandezze acustiche e psicoacustiche.
Aerodinamica dei veicoli terrestri	6	60	ING-IND/08	Il corso ha lo scopo di fornire agli allievi le competenze di base sull'aerodinamica dei veicoli terrestri e sulle tecniche di analisi aerodinamica dei veicoli. Vengono trattate le problematiche di carattere aerodinamico che influenzano le prestazioni e la progettazione delle diverse tipologie di veicoli terrestri. Gallerie del vento per lo studio delle prestazioni aerodinamiche. Introduzione alle metodologie di calcolo per l'analisi aerodinamica. Il campo di moto attorno al veicolo ed effetti dei principali parametri di progetto e design. Aerodinamica delle vetture da competizione.
Analisi e prevenzione dei cedimenti	6	60	ING-IND/21	Il modulo di analisi e prevenzione dei cedimenti meccanici fornisce conoscenze idonee ad individuare le cause primarie di cedimenti, in collaudo od in esercizio, di componenti meccanici ed attuare le misure correttive per prevenirli.
Automazione a fluido	6	60	ING-IND/13	Il modulo si propone di fornire gli strumenti per la conoscenza, l'identificazione e l'analisi di componenti e sistemi pneumatici ed oleoidraulici ed elementi di approfondimento su una loro utilizzazione in sistemi di automazione industriale, attraverso un approccio teorico-sperimentale.
Automazione e robotica	6	60	ING-IND/13	Automazione e sistemi flessibili; macchine automatiche; robotica industriale e di servizio: problemi e applicazioni. Meccanica dei robot, attuatori, sensori, dispositivi terminali.
Celle a combustibile e sistemi ibridi	6	60	ING-IND/09	L'obiettivo del corso è presentare i fondamenti ingegneristici del funzionamento delle celle a combustibile e degli impianti ibridi per applicazioni stazionarie e mobili con particolare attenzione alle differenti tipologie di celle e di impianto, al loro impatto ambientale ed agli aspetti tecnologici ed economici più attuali.
Cogenerazione	6	60	ING-IND/09	Il corso si propone di fornire gli strumenti metodologici di tipo tecnico ed economico per affrontare la progettazione concettuale di sistemi energetici azionati da motori termici, analizzando il comportamento dei diversi tipi di impianto in condizioni nominali, fuori progetto, dinamiche e il loro impatto locale e globale.
Combustione	6	60	ING-IND/08	L'insegnamento si propone di fornire conoscenze sulla modellizzazione teorica e sulle tecniche sperimentali di diagnostica dei processi combustivi, con riferimento alle applicazioni in campo industriale e negli impianti per la produzione di energia e la propulsione.
Controllo ambientale	6	60	ING-IND/10	Lo studio delle applicazioni dell'acustica affronterà temi di interesse per l'ingegneria meccanica e per il settore dell'energia. Particolare attenzione sarà dedicata all'impatto acustico degli impianti tecnici, a valle della definizione delle principali grandezze acustiche e psicoacustiche.

Costruzione di macchine	6	60	ING-IND/14	Presentare criteri per la progettazione di componenti meccanici ed organi di macchina sottoposti a sollecitazioni statiche e di fatica. Descrivere modelli analitici per l'analisi strutturale. Introdurre i fondamenti della tecnica numerica degli elementi finiti.
Dinamica dei sistemi termici	6	60	ING-IND/10	Obiettivo del corso è l'acquisizione degli strumenti essenziali allo studio in regime dinamico di sistemi termici, con particolare riferimento agli impianti di refrigerazione e loro componenti. La formulazione matematica dei principi fisici di conservazione e delle equazioni di chiusura sarà approfondita con particolare riferimento a sistemi a parametri concentrati (lumped) e misti. Verranno dati strumenti di carattere più applicativo volti alla regolazione degli impianti frigoriferi ed altri idonei alla implementazione numerica dei modelli dinamici messi a punto, mediante software proprietario o general purpose.
Dinamica e regolazione delle macchine e dei sistemi energetici	6	60	ING-IND/09	Il corso si propone di fornire agli studenti la padronanza delle tecniche di simulazione dinamica, controllo e gestione delle macchine e dei sistemi energetici. Simulazione dinamica dei sistemi energetici: approccio metodologico ed implementazione su Matlab-Simulink. Modellistica real-time.
Disegno di macchine	6	60	ING-IND/15	Il modulo di disegno di macchine fornisce le nozioni indispensabili allo studio funzionale e costruttivo di elementi di macchine ed assiemi; addestrare all'uso di strumenti CAD-CAE per la progettazione geometrica e funzionale.
Energetica	6	60	ING-IND/10	Il modulo di Energetica descrive le risorse energetiche, le fonti di energia e usi finali. Approfondisce mediante le equazioni generali di bilancio energetico, entropico ed exergetico i rendimenti e le perdite energetiche dei processi diretti e inversi e dei loro componenti. Offre inoltre nozioni preliminari sui principi di impiantistica nucleare.
Energetica degli edifici	6	60	ING-IND/10	Il corso affronta temi caratteristici della termofisica degli edifici, quali scambi di massa ed energia attraverso l'involucro edilizio, calcolo del fabbisogno energetico, tecniche per il risparmio energetico, l'integrazione delle tecnologie rinnovabili e la certificazione energetica degli edifici per uso civile ed industriale.
Energetica nucleare	6	60	ING-IND/10	Nel corso vengono approfondite le principali tematiche di energetica nucleare sommariamente anticipate e discusse nel corso di Energetica 1 ed in particolare: fondamenti di neutronica, metodologie di progetto per i reattori fissione, reattori a fusione, fusione fredda, impatto ambientale degli impianti nucleari.
Energie rinnovabili	6	60	ING-IND/10	Obiettivo del corso è fornire una conoscenza sulle più importanti fonti energetiche rinnovabili ed i relativi impianti. Contesto attuale e scenari futuri. Produzione di energia ed aleatorietà delle fonti. Fattibilità tecnico economica. Le tecnologie e le metodologie di analisi. Idrico, eolico, solare termico, solare fotovoltaico ed ibrido. Sistemi geotermici, biomasse.
Gasdinamica	6	60	ING-IND/08	L'insegnamento fornisce conoscenze sulla dinamica dei fluidi comprimibili stazionari, in particolare transonici e supersonici, ed instazionari, con riferimento alle applicazioni nei componenti delle macchine a fluido, nel campo aeronautico e della propulsione.

Gestione dei progetti d'impianto	6	60	ING-IND/17	Conoscenza di Tecniche e Metodologie di project management applicati direttamente ad impianti industriali; Capacità di integrazione di aspetti Tecnici Specifici e di Project Management al fine di acquisire una visione d'insieme delle metodologie di supporto per la gestione dei progetti industriali.
Gestione dell'energia per la climatizzazione	6	60	ING-IND/10	Il corso fornisce allo studente le conoscenze per confrontare criticamente le molteplici soluzioni impiantistiche disponibili per la climatizzazione ambientale di grandi utenze nel settore civile, industriale e terziario, con particolare riferimento alle valutazioni tecnico-economiche per l'uso razionale delle fonti di energia primaria ed il risparmio energetico negli usi finali.
Impatto ambientale dei sistemi energetici	6	60	ING-IND/08	Fenomeni di inquinamento chimico e termico. Processi di combustione: reazioni, meccanismi di formazione dei composti inquinanti, metodologia per la stima delle emissioni. Combustibili e loro caratteristiche. Motori a combustione interna: emissioni dei motori ad a.c. e Diesel, effetti dei parametri motoristici, sistemi per l'abbattimento delle emissioni. Impianti a vapore: emissioni caratteristiche, metodologie di controllo della combustione, sistemi di post-trattamento. Turbine a gas: principali emissioni degli impianti fissi e mobili, caratteristiche della camera di combustione e tecniche per la riduzione delle emissioni. Impianti per lo sfruttamento di altre fonti energetiche e relativo impatto ambientale. Strumenti e metodologie di misura delle emissioni. Normativa nazionale ed internazionale.
Impianti industriali e finanza di progetto	12	120	ING-IND/17 ING-IND/35	Il modulo di impianti fornisce una solida conoscenza delle problematiche relative agli impianti di processo attraverso la descrizione di impianti reali e la modellazione progettuale e funzionale di parti d'impianto. Nel modulo di finanza di progetto verranno forniti allo studente gli strumenti per valutare le diverse ipotesi di struttura societaria e finanziaria con cui un progetto di investimento può essere realizzato.
Impianti per l'energia	6	60	ING-IND/09	Obiettivo del modulo è quello di fornire all'allievo i fondamenti dello studio dei sistemi energetici basati sulla tecnologia delle turbine a gas, con particolare riguardo ai cicli combinati, ed alle loro prestazioni in condizioni di on-design e off-design con cenni agli aspetti termoeconomici e di impatto ambientale. Considerazioni sul blade cooling e del suo impatto sulle performance del sistema; generalità sulle camere di combustione e sulle tecniche di riduzione delle emissioni inquinanti. Considerazioni sull'utilizzo di combustibili non convenzionali.
Impianti tecnici	6	60	ING-IND/10	Il modulo presenta gli elementi fondamentali per la conoscenza degli impianti di climatizzazione e di riscaldamento e la corretta progettazione degli stessi, con riferimento anche agli aspetti tecnico-economici.
Macchine	6	60	ING-IND/08	Il modulo di macchine intende fornire gli elementi di base per la progettazione funzionale delle macchine a fluido. Saranno approfondite le problematiche della definizione delle curve caratteristiche delle macchine operatrici (pompe, compressori e ventilatori) e quelle del loro inserimento nei rispettivi circuiti, per i quali verranno analizzati i criteri di dimensionamento ottimale.
Materiali e impianti di processo	6	60	ING-IND/16	Il modulo di materiali fornisce le conoscenze di base riguardanti il comportamento degli acciai inossidabili, con particolare riferimento alla loro resistenza, alla corrosione ed analizza applicazioni industriali che richiedano l'effettuazione di trattamenti termici e/o di lavorazioni per deformazione plastica di acciai inossidabili. Il modulo di impianti fornisce metodologie di progettazione di impianti destinati a processi industriali caratterizzati da un significativo stress termico o meccanico.

Meccanica applicata alle macchine	6	60	ING-IND/13	Analisi e sintesi cinematica e dinamica illustrate in casi reali. Velocità critiche. Dinamica dei motori. Bilanciamento rotori e macchine alternative (es. motori), vibrazioni e loro isolamento, riduttori (es. treni planetari). Trasmissioni, azionamenti, apparecchi di sollevamento, componentistica.
Meccanica dei veicoli ferroviari	6	60	ING-IND/13	Il corso si propone di approfondire aspetti di meccanica dei veicoli su rotaia. Vengono inoltre approfonditi alcuni argomenti di particolare rilevanza relativi ad aspetti dinamici dei convogli ferroviari.
Meccanica del veicolo	6	60	ING-IND/13	Conoscenza degli aspetti funzionali e dinamici caratterizzanti i veicoli su gomma (autoveicoli, autocarri, motociclette). Forze scambiate. Prestazioni nel moto rettilineo. Moti curvi. Comportamento direzionale. Tenuta di strada e comfort. Motivazioni di accorgimenti costruttivi. Si intendono fornire gli elementi fondamentali per la comprensione, valutazione e modellazione dei fenomeni e per la messa a punto del veicolo in base alla conoscenza dell'effetto dei parametri su cui si può agire.
Meccanica delle vibrazioni	6	60	ING-IND/13	Sistemi lineari e non lineari, discreti, continui. Determinazione dello smorzamento. Fondazioni. Misure, prove, effetti sulle macchine e sull'uomo. Diagnostica vibratoria e monitoraggio. Modal analysis, Operational modes, Transfer Path Analysis, Structural modification, SEA. Vibrazioni di rotori, veicoli, trasmissioni. Urti. Rumore. Cancellazione attiva. Ground Vibration Testing.
Meccanica e costruzione delle macchine	12	120	ING-IND/13 ING-IND/14	Il modulo di meccanica delle macchine si propone obiettivi di formazione sulla meccanica delle macchine rotanti e sui problemi ad esse associate. Si intendono fornire gli strumenti operativi per l'analisi di tematiche quali la lubrificazione, la fenomenologia dinamica flessionale e torsionale, la dinamica di rotori e le tecniche di equilibratura. Il modulo di costruzione delle macchine si propone di fornire agli allievi le metodologie e gli strumenti, analitici e numerici, per l'analisi delle strutture meccaniche, con particolare riferimento ai recipienti in pressione e alle macchine rotanti.
Metodi matematici per l'ingegneria meccanica	6	60	MAT/05	Fornire allo studente conoscenze di base relative alle trasformate di Laplace e Fourier, a problemi di ottimizzazione, a metodi numerici per la loro risoluzione e per il trattamento di equazioni differenziali.
Misure e collaudi per la qualità	6	60	ING-IND/12	Sviluppare competenze per la gestione tecnica e organizzativa delle misure e dei collaudi in un contesto di qualità certificata. A tale scopo sono forniti anche i necessari strumenti di statistica industriale utili per gestire i collaudi e per progettare esperimenti ed analizzarne i risultati.
Modellazione dei sistemi meccanici	12	120	ING-IND/13	Fornire conoscenze teoriche e competenze ingegneristiche su modellazione e progettazione geometrica e funzionale dei sistemi meccanici. I temi trattati nel corso sono: a) Computer Aided Design e Engineering (CAD-CAE). b) Modelli geometrici: strumenti CAD 3D; analisi parametrica e ottimizzazione. c) Modelli cinematici: equazioni di vincolo; leggi di moto e sintesi cinematica; strumenti software. d) Dinamica e controllo dei sistemi meccanici lineari: rappresentazione ingresso-stato-uscita; analisi modale; regolatori e osservatori; strumenti software. e) Dinamica dei sistemi meccanici non-lineari: sistemi multibody; strumenti software. f) Scambio di dati fra applicazioni nel CAD-CAE.
Motori a combustione interna	6	60	ING-IND/08	Il corso intende fornire agli allievi una adeguata preparazione di base sui motori a combustione interna alternativi (MCI), approfondendo alcune delle problematiche di maggior rilevanza con riferimento ai diversi settori applicativi di tale tipologia di macchina. Fra le tematiche oggetto di trattazione si ricordano i processi termodinamici nei MCI e le relative tecniche di modellazione, il controllo e la regolazione convenzionale e non convenzionale dei MCI, i sistemi di sovralimentazione a trascinamento meccanico ed a gas di scarico, le emissioni inquinanti dei MCI ed i relativi sistemi e dispositivi per il loro abbattimento.

Processi innovativi di produzione	6	60	ING-IND/16	Impiegando gli strumenti connessi alle convenzioni internazionali, regionali e nazionali sulla tutela delle invenzioni industriali, valutare lo stato dell'arte di tecnologie per la micro-nano fabbricazione, l'assemblaggio di micro-prodotti, la reverse engineering.
Progettazione delle macchine e dei sistemi energetici	6	60	ING-IND/08	Il corso si propone fornire la conoscenza critica delle procedure di progetto delle macchine a fluido, a partire dalle prestazioni richieste dal sistema energetico in cui il componente verrà integrato e considerando le caratteristiche ed il successivo accoppiamento con gli altri componenti del sistema stesso.
Progettazione di micro e nano sistemi elettromeccanici	6	60	ING-IND/13	Progettazione di micro e nano sistemi elettromeccanici; applicazioni (attuatori, sensori, microrobot) e fisica a micro-scala; integrazione e functions-fusion; tecniche di fabbricazione.
Progettazione e fattibilità economica degli impianti industriali	12	120	ING-IND/17 ING-IND/35	Modulo progettazione di impianti. Gli impianti di processo e di servizio nei sistemi produttivi. Progetto d'impianti per fluidi transfer di calore. Stoccaggio, distribuzione, componentistica di impianti per combustibili liquidi e gassosi. Impianti speciali, gruppi di decompressione per alta/media pressione. L'ingegneria della sicurezza e collaudi. Servizio vapore: dimensionamento reti e relativa componentistica. Il modulo di fattibilità fornirà allo studente uno schema di riferimento per la costruzione e la elaborazione di un modello di analisi degli investimenti industriali sotto il profilo economico-patrimoniale.
Progettazione strutturale FEM	6	60	ING-IND/14	Il corso di progettazione strutturale FEM si propone di addestrare alla soluzione di problemi di progettazione strutturale dinamica attraverso strumenti di calcolo computerizzato. Stimolare la scelta ragionata di idonei modelli che consentano il minimo dispendio di risorse computazionali .
Propulsione elettrica	6	60	ING-IND/32	Il corso si propone di formare gli allievi sui diversi azionamenti utilizzabili per la propulsione elettrica (su rotaia, su strada), focalizzando l'attenzione sulle problematiche che portano alla scelta dell'azionamento e sulla comprensione del funzionamento di base dei relativi sistemi elettronici di potenza, nonché dei sistemi di produzione e accumulo di energia elettrica utilizzati nei trasporti.
Qualità e sicurezza dei sistemi	6	60	ING-IND/17	Elementi di statistica industriale. Collaudo statistico in accettazione. Tecniche di problem finding e problem solving. Strumenti di Statistical Process Control. Costi della qualità. Normativa ISO 9000. Pratiche per la marcatura CE e per la certificazione volontaria di prodotto.
Sicurezza degli impianti industriali	6	60	ING-IND/17	Evoluzione della normativa sulla sicurezza. Direttive CE. Analisi e valutazione del rischio. Igiene del lavoro. Fattori di rischio nelle attività produttive. Prevenzione. Protezione. Organi preposti alla vigilanza. Omologazione. Esperienze aziendali.
Sistemi di misura	6	60	ING-IND/12	Sviluppare capacità di progettazione dei sistemi di misura, dalla selezione dei componenti e delle architetture, alla programmazione del software di acquisizione, elaborazione e controllo. Misure di moto generale e locale, di forze e di fenomeni sonori.
Sistemi innovativi per l'energia e l'ambiente	6	60	ING-IND/09	Obiettivo del corso è quello di fornire allo studente strumenti per la valutazione termoeconomica dei sistemi energetici innovativi: gassificazione del carbone e delle biomasse; impianti IGCC ; impianti ultrasupercritici (USC); produzione e utilizzo dell'idrogeno e dei biocombustibili; Carbon Capture and Sequestration (CCS); Zero Emission Power Plants; generazione distribuita.

Sistemi multibody	6	60	ING-IND/13	Comprensione di un approccio generale alla modellazione cinematica e dinamica dei sistemi multibody. 2) Addestramento all'uso programmi per la simulazione di sistemi multibody. 3) Acquisizione capacità di risolvere problemi di progettazione meccanica mediante simulazione.
Sistemi nucleari per l'energia	6	60	ING-IND/19	Il corso si propone di fornire le conoscenze relative all'utilizzazione dell'energia nucleare attraverso la fusione e la fissione. L'insegnamento contribuisce al raggiungimento degli obiettivi formativi del corso per quanto riguarda gli impieghi energetici della tecnologia nucleare.
Sistemi propulsivi a ridotto impatto ambientale	6	60	ING-IND/08	Il corso intende fornire agli allievi una conoscenza critica sui sistemi propulsivi ad elevata compatibilità ambientale per i diversi settori applicativi, anche in relazione agli aspetti energetici ed economici. A tal fine verranno analizzati nel dettaglio alcuni sistemi innovativi per la regolazione ed il controllo dei motori alternativi a combustione interna, i sistemi di propulsione ibrida (termica + elettrica), l'impiego delle fuel cell e l'utilizzazione dei combustibili alternativi (metano, GPL, idrogeno, biocombustibili).
Tecnica del freddo	6	60	ING-IND/10	Obiettivo del corso è approfondire la conoscenza dei processi a ciclo inverso, in particolare degli impianti a compressione di vapore e loro componenti (sistemi di regolazione e controllo: valvole termostatiche, compressori VCC). Fornisce inoltre una panoramica relativa ai sistemi ad assorbimento ed all'innovazione tecnologica nei sistemi refrigeranti (monitoraggio e controllo dei grandi impianti frigoriferi, pompe di calore elio-assistite, refrigerazione magnetica)
Tecniche numeriche per le macchine e i sistemi energetici	6	60	ING-IND/08	Gli aspetti numerici riguardano: il modello fisico-matematico (le equazioni di conservazione, tipologia delle equazioni differenziali, condizioni al contorno); tecniche di discretizzazione (volumi finiti e differenze finite); schemi numerici (consistenza, stabilità, convergenza); schemi impliciti e schemi espliciti; procedure di calcolo (procedura time-marching, Pressure Correction Technique); generazione di magliature.
Tecniche sperimentali per le macchine e i sistemi energetici	6	60	ING-IND/08	Gli aspetti sperimentali riguardano le tecniche di misura fluidodinamiche e le tecniche di acquisizione e trattamento numerico dei segnali. Un'ampia parte del Corso è dedicata allo studio e all'uso di strumentazione e tecniche di misura di caratteristiche avanzate per la sperimentazione fluidodinamica delle macchine, ma ormai di impiego comune nei laboratori industriali (LDV, PIV, CTA)
Tecnologia Meccanica e Produzione Assistita da Calcolatore	12	120	ING-IND/16	Il modulo di tecnologia fornisce approfondimenti sulle lavorazioni per taglio e per abrasione, sui processi ad involuppo (ruote dentate e controlli metrologici), sulle macchine a CN e loro programmazione (codici ISO), sull'ottimizzazione delle lavorazioni, sui processi non tradizionali, su EDM, Rapid Prototyping e Reverse Engineering. Il modulo di produzione fornisce gli strumenti per valutare i processi di produzione e programmare la produzione industriale dei prodotti, definendone il ciclo di fabbricazione con tecniche CAD-CAM, e valutando i costi conseguenti alle scelte delle tecnologie e dell'organizzazione.
Tecnologie dei materiali polimerici	6	60	ING-IND/16	Fornire le conoscenze di base riguardanti il comportamento dei materiali polimerici, analizzandone la possibilità di utilizzo in specifici campi applicativi. Descrivere le principali tecnologie di lavorazione e di giunzione dei materiali polimerici ed analizzare le tecniche di prototipazione rapida.
Tecnologie di giunzione	12	120	ING-IND/16	Fornire i concetti sulla saldatura, la preparazione dei lembi ed i difetti riscontrabili. Acquisire conoscenze sulle tecnologie di saldatura. Fornire i concetti sull'adesione, le tipologie di adesivi e valutare gli effetti delle condizioni ambientali sulle giunzioni incollate.

Termofluidodinamica numerica	6	60	ING-IND/10	Fornire gli elementi necessari per procedere alla soluzione numerica delle equazioni differenziali proprie della termo fluidodinamica, con riferimento all'equazione generalizzata della conduzione; l'equazione di Navier Stokes con le equazioni di continuità, quantità di moto ed energia. Principali metodi di discretizzazione. Cenni sui modelli di turbolenza. Condizioni al contorno e loro discretizzazione. Scambio termico per irraggiamento: metodi numerici e di discretizzazione e loro applicabilità. Applicazioni numeriche.
Termodinamica Applicata	6	60	ING-IND/10	Il modulo di Termodinamica applicata è orientato prevalentemente ad approfondire le tematiche di tecnica del freddo, con riferimento ai processi a ciclo inverso a gas, a compressione di vapore, ad assorbimento ed i relativi criteri termodinamici di dimensionamento ed ottimizzazione.
Termotecnica	6	60	ING-IND/10	Fornire la conoscenza delle apparecchiature di scambio termico, quali ad esempio i recuperatori, i rigeneratori, le torri evaporative, ecc. ed il loro corretto utilizzo negli impianti. Verranno analizzate le principali tecniche utilizzate per il dimensionamento termico e per il calcolo delle prestazioni.
Trasmissione del calore	6	60	ING-IND/10	Obiettivo del corso è quello di fornire all'allievo i fondamenti della trasmissione del calore e la loro applicazione ai componenti di scambio termico di maggior interesse nel campo dell'ingegneria meccanica, incluse nozioni sugli scambiatori di calore e sui sistemi di controllo termico.
Turbomacchine	6	60	ING-IND/08	Obiettivo del modulo è fornire le conoscenze fondamentali sulle turbomacchine. I principi di funzionamento delle turbomacchine, lo scambio energetico fra fluido e macchina. La fluidodinamica delle turbomacchine motrici ed operatrici. Criteri generali di progettazione e di verifica delle prestazioni. Le curve caratteristiche, la scelta e l'impiego delle turbomacchine.

*Il numero di ore è riportato indicativamente valorizzando mediamente 1 CFU in 10 ore di lezione. Per ogni attività formativa le ore effettive verranno stabilite in funzione dei CFU, in accordo con gli intervalli indicati all'art. 5 del presente regolamento, e specificate nel Manifesto degli studi in base a quanto previsto dagli artt. 7 e 15 del presente regolamento.