

**Corso di Laurea specialistica in
Ingegneria Meccanica per l'energia e l'ambiente
(Classe delle Lauree specialistiche in Ingegneria Meccanica, Classe n. 36/S)**

Il Corso di Laurea specialistica in Ingegneria Meccanica per l'energia e l'ambiente si propone di formazione del laureato specialista in grado di coprire le esigenze relative ad una ampia gamma di ruoli cui l'ingegnere industriale viene normalmente chiamato presso le imprese produttrici di beni e/o servizi in relazione alle problematiche sia ambientali sia connesse con la ottimizzazione della produzione, della gestione e dell'utilizzo dell'energia. Grazie alla flessibilità che gli deriva dalla formazione ricevuta nel compimento del ciclo precedente, nonché in virtù del contributo di approfondimento della formazione di indirizzo sempre ricevuta nel ciclo di studi precedente, orientate al conferimento delle conoscenze relative a particolari segmenti professionali, il laureato specialista in ingegneria meccanica per l'energia e l'ambiente è un tecnico in grado di affrontare problemi singolari e ricorrenti, riguardanti:

- l'ingegnerizzazione di manufatti di varia complessità sia connessi alle tematiche ambientali ed energetiche che non;
- l'esercizio e la progettazione di macchine motrici ed operatrici, nonché di impianti che utilizzano processi termofluidodinamici per applicazioni energetiche e ambientali;
- la progettazione e la conduzione di impianti e processi industriali nei vari comparti della produzione energetica del suo sfruttamento connesso al rispetto dell'ambiente e, poi, nei comparti di gestione, controllo e riqualificazione ambientale.

In tutti i casi sopra elencati egli è in grado di affrontare le problematiche avanzate dalla progettazione ed è quindi di fondamentale importanza nel supporto ad equipages di esperti impegnati nella progettazione e gestione di sistemi complessi anche fornendo i necessari supporti nella proposizione e conduzione di avanzate attività sperimentali. Egli, ancora, è in grado di verificare il rispetto delle normative nelle tematiche della produzione/costruzione dei manufatti nonché nel campo dell'energia e dell'ambiente e di proporre avanzamenti nelle normative. In ordine alle finalità sopra ricordate, il laureato specialista viene, anche, preparato a integrare gli strumenti risolutivi di base, provenienti dall'armoniosa formazione matematica e fisico-chimica, con le più avanzate tecniche di modellazione, calcolo e misura, rese disponibili dal progresso delle tecnologie sia informatiche sia strumentali; egli è in grado di svolgere l'attività sopra descritta utilizzando un approccio metodologico che realizzi la razionale composizione dei vincoli e degli obiettivi di natura tecnica con gli imprescindibili aspetti economici del problema, sintetizzando tutto nel fondamentale rispetto della normativa vigente a presidio dell'uomo e dell'ambiente

Gli ambiti professionali tipici per i laureati specialisti della classe sono quelli di un ingegnere che sa unire alle proprie tipiche peculiarità, acquisite nel percorso di studi specialistici, quelle più vaste e flessibili dell'ingegnere meccanico, da sempre uno dei più ricercati dal mercato del lavoro. Egli, quindi, trova la sua migliore espressione nella figura di un tecnico capace di arricchire la sua specifica identità professionale con conoscenze dell'informatica e dell'economia applicata nonché di altri settori scientifici disciplinari coinvolti nei processi energetici ed ambientali. In tal senso l'ingegnere specialista meccanico per l'energia e l'ambiente potrà trovare occupazione primariamente in tutto il vasto comparto della produzione energetica (che nella nostra nazione ed in tutto il mondo sta avendo una vera e propria rivoluzione con la sempre più massiccia ed economica presenza di sistemi innovativi ed "alternativi") che, poi, della gestione e protezione dell'ambiente con le sue svariate sfaccettature relative all'ambiente aperto o confinato. Ma grazie alla sua preparazione versatile e completa potrà, poi, trovare lavoro sia nel mondo della produzione in tutti gli ambiti possibili sia nel mondo della ricerca scientifica pubblica e privata.

La prova finale consiste nella discussione di una tesi scritta, ovvero di un elaborato progettuale corredato da grafici, redatta in modo originale dallo studente sotto la guida di uno o più relatori. Inoltre il candidato dovrà provvedere a redigere un breve documento di sintesi del lavoro svolto, da far pervenire ai componenti la Commissione giudicatrice.

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico - disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Ambito disciplinare	Propedeuticità
I Anno – I Semestre						
Modelli differenziali dei continui	Modelli differenziali dei continui	MAT/07	6	a	1337	Fisica matematica
Analisi matematica III per l'ingegneria industriale	Analisi matematica III per l'ingegneria industriale	MAT/05	3	a	1337	Analisi matematica II
Tribologia	Tribologia	ING-IND/13	6	b	1339	Meccanica applicata alle macchine
Fondamenti e metodi della progettazione industriale	Fondamenti e metodi della progettazione industriale	ING-IND/15	6	b	1339	Disegno tecnico industriale
Tecnologia meccanica II	Tecnologia meccanica II	ING-IND/16	6	b	1339	Tecnologia meccanica I
I Anno - II Semestre						
Termodinamica dei processi di conversione dell'energia	Termodinamica dei processi di conversione dell'energia	ING-IND/10 ING-IND/11	6	b	1339	Fisica tecnica
Tecnologie speciali II	Tecnologie speciali II	ING-IND/16	3	b	1339	Tecnologia meccanica I
Fenomeni dinamici nelle macchine	Fenomeni dinamici nelle macchine	ING-IND/13	3	b	1339	Meccanica applicata alle macchine
Termofluidodinamica delle macchine	Termofluidodinamica delle macchine	ING-IND/08 ING-IND/09	6	b	1339	Macchine
Costruzioni meccaniche e ferroviarie	Costruzioni meccaniche e ferroviarie	ING-IND/14	6	b	1339	Costruzione di macchine I
	A scelta autonoma dello studente		6	d	1595	
II Anno						
Insegnamenti curriculari	Moduli curriculari		54	b/c/f		
	Prova finale		9	e	1343	

(#) Ai sensi dell'Art. 10 comma 1 del D.M n. 509 del 3/11/1999: a = di base; b = caratterizzanti; c = affini o integrative; d = a scelta autonoma dello studente; e = prova finale e lingua straniera; f = ulteriori conoscenze.

Curriculum Energia

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico-disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Ambito disciplinare	Propedeuticità
II Anno – I Semestre						
Energetica II	Energetica II	ING-IND/10 ING-IND/11	3	b	1339 1341	Termodinamica dei processi di conversione dell'energia Energetica I
Progetto di macchine	Progetto di macchine	ING-IND/08 ING-IND/09	6	b	1339	Termofluidodinamica delle macchine
Gestione delle macchine II	Gestione delle macchine II	ING-IND/08 ING-IND/09	6	b	1339	Gestione delle macchine I
Misure termofluidodinamiche II	Misure termofluidodinamiche II	ING-IND/10 ING-IND/11	3	b	1339 1341	Misure termofluidodinamiche I
A scelta tra gli insegnamenti dei settori riportati nella lista	A scelta tra i moduli dei settori riportati nella lista		6	b/c		
II Anno – II Semestre						
A scelta tra gli insegnamenti dei settori da ING-IND/08 a ING-IND/17	A scelta tra i moduli dei settori da ING-IND/08 a ING-IND/17		6	b		
Tecnica del freddo	Tecnica del freddo	ING-IND/10 ING-IND/11	6	b	1339 1341	Termodinamica dei processi di conversione dell'energia
Combustione II	Combustione II	ING-IND/25	6	b	1341	Combustione I
Oleodinamica e pneumatica	Oleodinamica e pneumatica	ING-IND/08 ING-IND/09	3	b	1339	Nessuna
Trasmissione del calore II	Trasmissione del calore II	ING-IND/10 ING-IND/11	6	b	1339 1341	Trasmissione del calore I
	Ulteriori conoscenze		3	f	1344	

Curriculum Ambiente

Insegnamento	Modulo	Settore scientifico – disciplinare	CFU	Attività formativa (#)	Ambito disciplinare	Propedeuticità
II anno – I semestre						
Progettazione e gestione dei progetti di impianti industriali	Progettazione e gestione dei progetti di impianti industriali	ING-IND/17	6	b	1339	Impianti meccanici
Motori a combustione interna II	Motori a combustione interna II	ING-IND/08 ING-IND/09	6	b	1339	Motori a combustione interna I
Monitoraggio e controllo ambientale	Monitoraggio e controllo ambientale	ING-IND/08 ING-IND/09	6	b	1339	Misure sulle macchine e sull'ambiente
Probabilità	Probabilità	SECS-S/02	3	c	1337	Nessuna
A scelta tra gli insegnamenti dei settori da ING-IND/08 a ING-IND/17	A scelta tra i moduli dei settori da ING-IND/08 a ING-IND/17		6	b		
II anno – 2° semestre						
A scelta tra gli insegnamenti dei settori da ING-IND/08 a ING-IND/17	A scelta tra i moduli dei settori da ING-IND/08 a ING-IND/17		6	b		
Acustica applicata II	Acustica applicata II	ING-IND/10 ING-IND/11	6	b	1339 1341	Acustica applicata I
Impianti di climatizzazione II	Impianti di climatizzazione II	ING-IND/10 ING-IND/11	6	b	1339 1341	Impianti di climatizzazione I
Generatori di vapore II	Generatori di vapore II	ING-IND/08 ING-IND/09	3	b		Generatori di vapore I
A scelta tra gli insegnamenti dei settori riportati nella lista	A scelta tra i moduli dei settori riportati nella lista		6	c		
	Ulteriori conoscenze		3	f	1344	

Lista dei settori scientifico-disciplinari i cui insegnamenti possono essere utilizzati quali insegnamenti a scelta, fatti salvi i vincoli di propedeuticità.

	Settore scientifico-disciplinare
1	MAT/03 - Geometria
2	MAT/05 - Analisi matematica
3	MAT/07 - Fisica matematica
4	MAT/09 - Ricerca operativa
5	SECS-S/02 - Statistica per la ricerca sperimentale e tecnologica
6	ICAR/08 - Scienza delle costruzioni
7	ICAR/01 - Idraulica
8	ING-IND/08 - Macchine a fluido
9	ING-IND/09 - Sistemi per l'energia e l'ambiente
10	ING-IND/10 - Fisica tecnica industriale
11	ING-IND/11 - Fisica tecnica ambientale
12	ING-IND/12 - Misure meccaniche e termiche
13	ING-IND/13 - Meccanica applicata alle macchine
14	ING-IND/14 - Progettazione meccanica e costruzione di macchine
15	ING-IND/15 - Disegno e metodi dell'ingegneria industriale
16	ING-IND/16 - Tecnologie e sistemi di lavorazione
17	ING-IND/17 - Impianti industriali meccanici
18	ING-IND/06 - Fluidodinamica
19	ING-IND/21 - Metallurgia
20	ING-IND/22 - Scienza e tecnologia dei materiali
21	ING-IND/23 - Chimica fisica applicata
22	ING-IND/24 - Principi di ingegneria chimica
23	ING-IND/25 - Impianti chimici
24	ING-IND/31 - Elettrotecnica
25	ING-IND/32 - Convertitori, macchine e azionamenti elettrici
26	ING-IND/33 - Sistemi elettrici per l'energia
27	ING-IND/35 - Ingegneria economico gestionale
28	ING-INF/04 - Automatica
29	ING-INF/05 - Sistemi di elaborazione delle informazioni
30	ING-INF/07 - Misure elettriche ed elettroniche

Attività formative del Corso di Laurea specialistica in Ingegneria Meccanica per l'energia e l'ambiente

Insegnamento: Acustica applicata II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Acustica applicata II	ING-IND/10-11	b	II	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 13	Ore impegno studente: 26		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 4		

Obiettivi formativi:

L'allievo deve acquisire le tecniche avanzate finalizzate alla valutazione e al controllo della rumorosità dei sistemi meccanici sia nell'ambiente interno sia nell'ambiente esterno.

Contenuti:

Aspetti soggettivi del suono: Intelligibilità della parola, qualità del suono del prodotto.

Sistemi per il controllo del campo sonoro in ambienti industriali: Interventi sulla potenza sonora emessa dalle sorgenti (sorgenti di rumore meccanico, rumore fluidodinamico, sorgenti di rumore elettromagnetico, rumore termico), misura della potenza sonora (le norme ISO 3744 e 3746), coperture di macchine e schermi, silenziatori, trattamenti fonoassorbenti ambientali, interventi sulla propagazione del rumore per via solida, cabine fonoisolanti, mezzi di protezione individuale, misure organizzative.

Propagazione del suono all'aperto: Effetti della presenza del suolo, effetti meteorologici, barriere acustiche, perdita di inserzione di una barriera, influenza dell'estensione della barriera sulla perdita di inserzione.

Rumore ambientale: La legge 26/10/1995 n. 447, sorgenti di rumore in ambienti urbani (traffico stradale, ferroviario, aeroportuale, rumore di sorgenti specifiche), descrittori per la valutazione della rumorosità in ambienti urbani, modelli per la valutazione della rumorosità ambientale.

Propedeuticità: Acustica applicata I.

Prerequisiti:

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Analisi matematica III per l'ingegneria industriale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Analisi matematica III per l'ingegneria industriale	MAT/05	a	I	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 53		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 11	Ore impegno studente: 22		

Obiettivi formativi:

Approfondire alcuni argomenti della teoria delle equazioni differenziali ordinarie e acquisire nuovi concetti e risultati di analisi reale e di analisi complessa utili nello studio di problemi di ingegneria.

Contenuti:

Integrazione secondo Riemann in \mathbb{R}^n , funzioni sommabili e loro integrali. Integrali impropri. Cenni sulla teoria della misura e dell'integrazione secondo Lebesgue in \mathbb{R}^n . Funzioni implicitamente definite da un'equazione o da un sistema di equazioni, teoremi di Dini e loro applicazioni al problema dell'invertibilità locale delle trasformazioni e ai problemi di estremo vincolato con vincoli descritti da uguaglianze, metodo dei moltiplicatori di Lagrange. Equazioni differenziali e sistemi di equazioni differenziali ordinarie. Teoremi di esistenza e unicità per il problema ai valori iniziali per equazioni e sistemi in forma normale. Equazioni differenziali in forma non normale. Metodo delle serie di potenze. Equazioni differenziali ben poste. Principali metodi numerici per le equazioni differenziali. Cenni sulle funzioni di variabile complessa: funzioni elementari nel campo complesso, integrali di linea, serie di potenze, sviluppo in serie di Taylor, funzioni analitiche, funzioni olomorfe e loro caratterizzazioni.

Propedeuticità: Analisi matematica II.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove applicative in itinere e/o prova finale; colloquio.

Insegnamento: Combustione II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Combustione II	ING-IND/25	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 40	Ore impegno studente: 120
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 24
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 4
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 2

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di inquadrare in modo rigoroso e dettagliato i fondamenti dei processi di combustione e di formazione degli inquinanti in "Laminari e turbolenti".

Contenuti:

Teoria della combustione: Analisi dettagliata dei processi e delle strutture delle fiamme premiscelate in condizioni laminari quiescenti, stirate e turbolente con introduzione sistematica relativa alla dinamica dei mezzi reattivi turbolenti.

Combustione e la formazione di inquinanti: Tipizzazione degli inquinanti: macro inquinanti (NO_x, SO_x, HCl, particolato), micro inquinanti (IPA, PCB, diossine, furani, metalli pesanti), gas-serra (CO₂, N₂O). Cenni ai meccanismi e alle condizioni che promuovono la formazione di specie inquinanti. Diagnostica delle specie minoritarie in fase di formazione.

Prevenzione della formazione di inquinanti in sistemi di combustione: Individuazione delle opzioni che, in sede progettuale e/o di esercizio, consentono la prevenzione della formazione di inquinanti: combustione a stadi, re-burning, combustione ad alto livello di diluizione, rimozione in situ di specie minoritarie inquinanti, combustione catalitica.

Aspetti impiantistici: avanzati legati ai processi di ossidazione dei nuovi combustibili ottenuti da rifiuti e scarti di lavorazione o da altre sorgenti energetiche quali i biocombustibili, i gas di sintesi, l'idrogeno. Rassegna delle nuove tecnologie di combustione.

Propedeuticità: Combustione I.**Prerequisiti:** Nessuno.**Modalità di accertamento del profitto:** Prova orale.

Insegnamento: Costruzioni meccaniche e ferroviarie

Modulo Didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Costruzioni meccaniche e ferroviarie	ING IND/14	b	I	6

Obiettivi formativi: Fornire strumenti e metodi per l'analisi dei cedimenti meccanici per una progettazione affidabile.

Contenuti: Analisi dei cedimenti meccanici di organi di macchina e di componenti strutturali. Affidabilità e sicurezza del materiale rotabile e delle infrastrutture ferroviarie.

Propedeuticità: Costruzione di macchine I**Modalità di accertamento del profitto:** Prove intercorso e colloquio finale.

Insegnamento: Energetica II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Energetica II	ING-IND/10-11	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 30

Obiettivi formativi:

Si forniscono agli allievi le competenze di base necessarie per la progettazione di massima e l'analisi di fattibilità tecnico-economica di sistemi e interventi di razionalizzazione energetica basati sul contenimento dei consumi finali e/o sull'impiego di fonti rinnovabili.

Contenuti:

Richiami di energetica generale. Il settore dell'*energy management*: finalità, obiettivi e modalità operative. Analisi di fattibilità tecnico-economica nel settore del risparmio energetico e delle fonti rinnovabili: generalità, finalità ed impostazione. Esempi di dimensionamento ed analisi di fattibilità tecnico-economica per alcune tipologie di intervento nei settori industriale e civile: caldaie ad alta efficienza, pompe di calore e gruppi frigoriferi elettrici, con motore endotermico e ad assorbimento; sistemi di cogenerazione; coibentazione degli edifici; pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria e/o il riscaldamento ambientale; impianti a biomassa. Per gli esempi relativi a impianti di cogenerazione, centrali termofrigorifere non convenzionali e impianti a energia solare, si approfondiscono gli aspetti relativi alla progettazione di massima del sistema, in relazione alle caratteristiche dell'utenza (diagrammi di carico, curve di durata dei carichi, livelli di temperatura delle richieste termo-frigorifere, etc.).

Propedeuticità: Termodinamica dei processi di conversione dell'energia, Energetica I.

Prerequisiti: Fisica tecnica, Elettrotecnica, Macchine.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e colloquio finale.

Insegnamento: Fenomeni dinamici nelle macchine

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fenomeni dinamici nelle macchine	ING-IND/13	b	I	3

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 30 **Ore impegno studente:** 55

Modalità di insegnamento: Laboratorio

Ore impegno docente: 10 **Ore impegno studente:** 20

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire i concetti necessari per l'individuazione, la formulazione matematica e la simulazione di alcuni fenomeni dinamici particolarmente significativi nel campo delle macchine e degli impianti.

Contenuti:

Sistemi conservativi a n g.d.l. - Equazioni matriciali del moto; matrici [m] e [K]; problema degli autovalori e degli autovettori; ortogonalità dei vettori colonna; teorema di espansione; metodo dell'analisi modale: moto libero e forzato, azioni forzanti armoniche, esempi di applicazione; sistemi semidefiniti; cenni sul calcolo numerico di autovalori e autovettori; cenni sul metodo di Holzer.

Velocità critiche flessionali - Il modello di Jeffcott: dinamica del sistema fermo e del sistema in rotazione; diagrammi di Campbell; whirling e wobbling diretto e inverso; il sistema assialsimmetrico; effetto disco; sistemi a masse concentrate; matrice [a] per sistemi isostatici e iperstatici; il sistema a n dischi; il metodo della matrice di trasferimento.

Oscillazioni torsionali - Oscillazioni torsionali forzate; il sistema equivalente: riduzione delle masse e delle lunghezze; sistema equivalente di un impianto propulsore di autoveicolo; sollecitazioni torsionali nei modi naturali; armoniche del momento motore: diagrammi di fase, armoniche principali e secondarie; velocità critiche torsionali; ampiezza di equilibrio; il moto torsionale forzato; sollecitazioni torsionali forzate.

Propedeuticità: Meccanica applicata alle macchine.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Fondamenti e metodi della progettazione industriale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Fondamenti e metodi della progettazione industriale	ING-IND/15	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 34 **Ore impegno studente:** 102

Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 18 **Ore impegno studente:** 36

Modalità di insegnamento: Seminario

Ore impegno docente: 2 **Ore impegno studente:** 4

Modalità di insegnamento: Prova intracorso

Ore impegno docente: 2 **Ore impegno studente:** 8

Obiettivi formativi:

Capacità di affrontare il problema della progettazione del ciclo di vita di un prodotto dal concepimento alla dismissione mediante nuove metodologie di sviluppo prodotto, integrando aspetti estetici, di durata, producibilità, assemblabilità, affidabilità e manutenibilità.

Contenuti:

Il ciclo di sviluppo di prodotti industriali. Progettazione sistematica. Progettazione concettuale. Progettazione concreta. Metodi di sviluppo prodotto. La sostenibilità di un prodotto industriale. Principi di ecodesign. Principi di progettazione. Metodologia TRIZ. Il *Design Function Deployment*: dalle esigenze degli utenti ai requisiti funzionali. La classificazione di Kano degli elementi di qualità.

Progettazione per la Qualità: introduzione alla Progettazione Robusta; progettazione dei parametri e delle tolleranze; studio dei fattori di disturbo; studio delle prestazioni e definizione dell'indice segnale/disturbo; uso degli *orthogonal array*; uso dei grafi di Taguchi; Pareto Anova; coefficienti di contribuzione; definizione dei parametri ottimali di progetto; esperimenti di conferma.

La filosofia di progettazione degli assemblaggi e delle tolleranze. *Key characteristics* e *Datum Flow Chain*. Catene di tolleranze semplici e complesse. Metodi *feature-based* di analisi cinematica e delle tolleranze. Delta method, Monte Carlo e RSS method. Progettazione ottimale delle tolleranze. Metodi di allocazione ottima delle tolleranze mediante sistemi CAT.

Analisi di Affidabilità, Manutenibilità, Disponibilità e Sicurezza (RAMS). Progettazione per l'Affidabilità e la Manutenibilità. La metodologia FMECA (*Failure Mode, Effect & Criticality Analysis*), la FTA (*Fault Tree Analysis*) e la ETA (*Event Tree Analysis*).

Propedeuticità: Disegno tecnico industriale.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta finale e sviluppo di progetti di gruppo presentati sia in itinere sia a fine corso.

Insegnamento: Generatori di vapore II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Generatori di vapore II	ING-IND/08-09	b	II	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 17	Ore impegno studente: 55		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 15		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 2	Ore impegno studente: 2		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 3	Ore impegno studente: 3		

Obiettivi formativi:

Fare acquisire all'allievo gli elementi necessari per svolgere attività di tipo professionale di carattere sia progettuale sia gestionale nel campo specifico, evidenziando gli aspetti tecnici ed economici. Vengono illustrate le moderne metodologie relative agli obiettivi prefissi per addivenire a soluzioni ottimali da un punto di vista sia energetico sia ecologico, richiamando e utilizzando quanto maturato in corsi precedenti e collaterali. Infine, sono trasmesse conoscenze scientifiche e applicative, con le relative metodologie di analisi, sottolineando la molteplicità degli aspetti correlati a conoscenze delle fenomenologie di base e derivanti da aree culturali affini.

Contenuti:**Problematiche progettuali**

Caratteristiche tecniche ed economiche dei combustibili utilizzabili in apparecchiature industriali e civili per la produzione di calore, con particolare riguardo agli aspetti funzionali, energetici ed ecologici. Fondamenti delle linee progettuali di bruciatori e camere di combustione nell'ottica di una miglior resa energetica e un minore impatto ambientale.

Problematiche relative alla produzione e al trasporto di calore con minor produzione dei vari tipi di inquinanti.

Analisi comparativa delle prestazioni funzionali energetiche ed ecologiche in funzione di un diverso combustibile.

Elementi di modellazione numerica per la corretta rappresentazione fenomenologica volta all'ottimizzazione progettuale di bruciatori e camere di combustione con combustibili gassosi, liquidi e solidi. Elementi di progettazione termofluidodinamica delle parti di un GV e di forni e fornaci di vario tipo. Elementi caratteristici dell'impianto o dell'apparecchiatura, per la valutazione del suo impatto ambientale, in particolare per impianti a combustibile rinnovabile o residuali (inceneritori industriali e/o termovalorizzatori), con corrispondenti apparecchiature di disinquinamento e controllo ambientale.

Problematiche di esercizio e gestione

Impostazione di bilancio energetico ed economico per impianti e apparecchiature a funzionamento stazionario e in stazionario. Metodologie per la minimizzazione delle perdite e relativi sistemi di rilevazione e ottimizzazione di funzionamento.

Parametri funzionali soggetti a regolazione e tipologie di regolazione in funzione della complessità dell'apparecchiatura e delle richieste funzionali. Fondamenti di regolazione analogica e digitale. Applicazioni specifiche di regolazione analogica proporzionale integrativa e derivativa con esemplificazione dei possibili risultati.

Regolazioni analogiche concatenate. Fondamenti di regolazione digitale o a modello virtuale dell'apparecchiatura e problematiche della costruzione e messa in esercizio di un modello virtuale operante su supporto informatico. Stato dell'arte e confronto fra le due metodologie di regolazione.

Propedeuticità: Generatori di vapore I

Prerequisiti : Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto:

Insegnamento: Gestione delle Macchine II

Modulo Didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Gestione delle Macchine II	ING-IND/08 ING-IND/09	b	I	6

Obiettivi formativi: Fornire allo studente competenze relative alla corretta scelta, gestione e regolazione delle macchine motrici ed operatrici a fluido.

Contenuti: La funzione exergia. Analisi energetica ed exergetica della compressione, dell'espansione, dei cicli diretti ed inversi. Prestazioni delle macchine operatrici termiche ed idrauliche, volumetriche e dinamiche. Applicazioni dei compressori centrifughi negli impianti frigoriferi: impianti con rimozione del flash gas, con doppia compressione e desurriscaldamento, con più fluidi frigoriferi in cascata, impianti di liquefazione del metano. Applicazioni dei compressori centrifughi ed assiali nelle raffinerie, negli impianti petrolchimici, nel servizio gas (reiniezione, gas lift, spinta gas). Impianti di aria compressa e problematiche inerenti. Gestione delle principali pompe presenti nelle centrali termoelettriche a vapore e problematiche di esercizio con particolare riferimento alla cavitazione. Problematiche inerenti alla compressione interrefrigerata ed all'espansione con riscaldamento intermedio nelle turbine a gas di elevata potenza. Gestione e problematiche dei motori diesel a due tempi di elevata potenza (fino a 100MW) per la produzione di energia elettrica. Turbine idrauliche Pelton, Francis, Kaplan.

Propedeuticità: Gestione delle macchine I.

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.

Insegnamento: Impianti di climatizzazione II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Impianti di climatizzazione II	ING-IND/10-11	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 27	Ore impegno studente: 54
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 6

Obiettivi formativi:

Il modulo fornisce la conoscenza della logica progettuale per la scelta più opportuna dell'impianto in funzione della destinazione d'uso degli ambienti. Per l'impianto scelto si segue una scaletta progettuale che parte dalle condizioni di progetto e porta al dimensionamento dei vari componenti.

Contenuti:

La progettazione degli impianti di climatizzazione. Linee guida e normativa di riferimento. Centrali termiche: analisi e dimensionamento. Centrali frigorifere: analisi e dimensionamento. Schemi idrici funzionali degli impianti di climatizzazione. Dimensionamento e posizionamento delle UTA, della rete idrica e aeraulica e delle pompe e dei ventilatori. Gruppi frigoriferi a compressione di vapore saturo e ad assorbimento monostadio e bistadio: analisi e dimensionamento. Regolazione dei gruppi frigoriferi. Fluidi frigoriferi. Accumulo frigorifero. Impianti di riscaldamento a radiatori, ventilconvettori, aerotermi, termoconvettori, serpentina a pavimento: analisi e dimensionamento. Impianti ad aria. Impianti misti aria + acqua. Cenni di regolazione automatica degli impianti di climatizzazione. Recuperatori di calore dall'aria di espulsione: normativa vigente. Principali interventi di risparmio energetico previsti per gli impianti di climatizzazione. Analisi costi benefici per gli interventi di risparmio energetico sugli impianti di climatizzazione.

Propedeuticità: Impianti di climatizzazione I

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove in itinere e colloquio finale.

Insegnamento: Misure termofluidodinamiche II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Misure termofluidodinamiche II	ING-IND/10-11	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 18	Ore impegno studente: 54
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 20
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 1	Ore impegno studente: 1

Obiettivi formativi:

L'allievo deve familiarizzare con i principali concetti di metrologia (prestazioni di misura) e deve conoscere la fisica dei sensori delle principali grandezze termofluidodinamiche.

Contenuti:

Metrologia: Il Vocabolario Internazionale di Metrologia. Valutazione delle incertezze di misura: introduzione alla GUM (UNI CEI 9-UNI CEI EN 13005 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura"). Valutazione di categoria A dell'incertezza tipo. Valutazione di categoria B dell'incertezza tipo. Incertezza tipo composta. Incertezza estesa e fattore di copertura. Il Sistema Nazionale di Taratura. Normativa per i Sistemi di Qualità.

Sensori di misura: Misure di portata: generalità, cenni storici e classificazione. Misuratori a pressione differenziale, a bersaglio, a gomito, ad area variabile, a turbina, volumetrici, elettromagnetici, a ultrasuoni, fluidodinamica, massici diretti (termici e a effetto Coriolis). Contabilizzazione dell'energia termica: metodi diretti (contatori di calore) e metodi indiretti (ripartitori temporali a valvola di zona, a gradi giorni, a evaporazione, a centralina elettronica)

Propedeuticità: Misure termofluidodinamiche I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Modelli differenziali dei continui

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Modelli differenziali dei continui	MAT/07	a	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 38	Ore impegno studente: 114
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 14	Ore impegno studente: 28
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 8

Obiettivi formativi:

Presentare alcuni modelli tipici delle applicazioni di ingegneria. Introdurre allo studio delle equazioni a derivate parziali e di alcuni metodi elementari della matematica applicata.

Contenuti:

Modelli continui: cinematica della deformazione e tensori caratteristici. Formulazione generale delle equazioni di bilancio. Modello di Cauchy e tensore di sforzo. Bilancio della quantità di moto e del momento angolare. Il primo principio della termodinamica e l'equazione del calore. Leggi costitutive di materiali semplici e di fluidi perfetti o viscosi. Equazioni di Navier-Stokes.

Metodi matematici: Le trasformazioni di Fourier e di Laplace. Equazioni alle derivate parziali del I e II ordine. Curve caratteristiche. Metodi di risoluzione di problemi ben posti per equazioni lineari di tipo iperbolico, parabolico o ellittico. Principi di massimo e teoremi di confronto. Proprietà della propagazione ondosa e della diffusione. Applicazioni alla dinamica dei fluidi e alla trasmissione del calore.

Propedeuticità: Fisica matematica.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Monitoraggio e controllo ambientale

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Monitoraggio e controllo ambientale	ING-IND/08-09	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione
Modalità di insegnamento: Esercitazione
Modalità di insegnamento: Laboratorio
Modalità di insegnamento: Seminario

Ore impegno docente: 35 **Ore impegno studente:** 100
Ore impegno docente: 16 **Ore impegno studente:** 32
Ore impegno docente: 8 **Ore impegno studente:** 12
Ore impegno docente: 6 **Ore impegno studente:** 6

Obiettivi formativi:

Il modulo fornisce le conoscenze sulle problematiche del controllo dell'ambiente con riferimento alla qualità dell'aria. Vengono studiate le normative e gli attuali sistemi di controllo. Vengono forniti gli strumenti per una corretta pianificazione dell'ambiente aria con riferimento alle emissioni delle macchine e dei sistemi per la produzione di energia.

Contenuti:

Il corso, muovendo dalle conoscenze di base delle Macchie e fluido ed in particolare degli impianti per la produzione di energia e, quindi, delle loro emissioni, dà gli strumenti per lo studio di un complesso ecosistema basato sulla necessità di energia e sulla contemporanea necessità di un'aria salubre. Gli elementi considerati inquinanti e quelli non normalizzati. Vengono studiate le normative di qualità dell'aria in vigore in Europa e confrontate con quelle di altri paesi. Vengono studiate le reti di controllo sia a livello regionale che nazionale. Vengono studiati i metodi per la realizzazione di un "inventario delle emissioni". I fattori di emissione. La modellistica diffusionale. La taratura dei modelli in galleria del vento. Le gallerie per la simulazione di ambienti urbani. Le problematiche conseguenti al protocollo di Kyoto. Metodologie per la riduzione del carico inquinante in aria: Il traffico urbano, le reti di traffico extraurbano, il traffico aereo e aeroportuale, Le emissioni puntuali e quelle diffuse. Esempi di piano di tutela e riqualificazione della qualità dell'aria. Visita a complessi sistemi di monitoraggio e a gallerie del vento per la simulazione e la taratura dei modelli diffusionali.

Propedeuticità: Misure sulle macchine e sull'ambiente.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio finale.

Insegnamento: Motori a combustione interna II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Motori a combustione interna II	ING-IND/08-09	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 33	Ore impegno studente: 99
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 24
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 9
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 12	Ore impegno studente: 18

Obiettivi formativi:

Fornire allo studente competenze approfondite sui moderni motori a c.i. per l'autotrazione, per le applicazioni industriali e per la produzione di energia (motori industriali, navali e aeronautici) con proiezioni agli sviluppi futuri del settore.

Contenuti:

Sistemi moderni di alimentazione dei moderni motori a c.i. per l'autotrazione ad accensione comandata e diesel. Sistemi moderni di accensione e di controllo della combustione, Fluidodinamica interna dei motori a c.i.. Cenni sui modelli di calcolo per motori a c.i. Sistemi di regolazione della potenza e dei parametri di funzionamento dei motori. Distribuzione convenzionale e di tipo variabile. Camere di combustione convenzionali e avanzate. La formazione degli inquinanti allo scarico. La misura delle emissioni allo scarico e sistemi di analisi. Sistemi di trattamento allo scarico per motori ad accensione comandata e diesel (marmite catalitiche, filtri di articolato, impianti EGR). Le normative internazionali sulle emissioni. Sistemi di combustione omogenea. Combustibili e lubrificanti. L'analisi delle perdite meccaniche e sistemi per la loro riduzione. Rendimento meccanico e metodi di misura. Banchi prova motori convenzionali e dinamici. La sovralimentazione con sovralimentatori meccanici o con turbosovralimentatori. Il recupero dell'energia allo scarico dei motori. Motori a c.i. per applicazioni sportive e di tipo speciale. Motori ibridi.

Propedeuticità: Motori a combustione interna I.

Prerequisiti: Chimica.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Oleodinamica e pneumatica

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Oleodinamica e pneumatica	ING-IND/08-09	b	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 12
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 12
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 6

Obiettivi formativi:

Il modulo fornisce le conoscenze fondamentali sulle basi teoriche e sulle principali applicazioni della oleodinamica e della pneumatica. Vengono dati gli strumenti per una corretta progettazione di un moderno impianto oleodinamico e della sua gestione. Sono forniti gli strumenti per la modellazione di sistemi oleodinamici e pneumatici.

Contenuti:

Il corso, muovendo dalle conoscenze di base della fluidodinamica, definisce gli strumenti di base per lo studio teorico dei circuiti oleodinamici e di quelli pneumatici. Vengono studiati i principali componenti di impianti oleodinamici e pneumatici. Motori oleodinamici, pompe oleodinamiche, compressori per applicazione di pneumatica, motori pneumatici. La componentistica di tali tipi di impianti. Le applicazioni. Studio di modelli di simulazione. La progettazione di semplici impianti e le soluzioni di complessi impianti. Esempi applicativi. Tipiche problematiche di malfunzionamento e soluzioni. Normative di installazione e collaudo. Vengono svolte esercitazioni pratiche in laboratorio e visite a complessi impianti industriali.

Propedeuticità: Nessuna

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio finale.

Insegnamento: Probabilità

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Probabilità	SECS-S/02	c	II	3

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 15	Ore impegno studente: 45
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 9	Ore impegno studente: 18
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 12

Obiettivi formativi:

Apprendimento dei fondamentali del calcolo delle probabilità e dell'uso dei modelli di variabili aleatorie nel campo dell'ingegneria.

Contenuti:

Calcolo delle probabilità e sue applicazioni in campo scientifico e tecnologico. Genesi, formulazione e utilizzo di modelli di variabili aleatorie.

Propedeuticità: Nessuna.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta personalizzata e successiva discussione orale incentrata sulla stessa.

Insegnamento: Progettazione e gestione dei progetti di impianti industriali

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Progettazione e gestione dei progetti di impianti industriali	IND/17	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 15

Modalità di insegnamento: Laboratorio
Modalità di insegnamento: Seminario

Ore impegno docente: 20 **Ore impegno studente:** 40
Ore impegno docente: 3 **Ore impegno studente:** 5

Obiettivi formativi:

Il corso è rivolto ad approfondire i criteri generali di progettazione e realizzazione dei sistemi di produzione, con riferimento agli aspetti tecnici, economici ed organizzativi di fondamentale interesse per le industrie manifatturiere.

Contenuti:

Il Project Management – Struttura organizzativa e ruoli nelle società che gestiscono progetti, tecniche di programmazione e controllo, Curve a S, Tecniche di programmazione reticolare: PERT e CPM. La simulazione dei processi produttivi: casi applicativi nel settore manifatturiero. Criteri di gestione dei progetti complessi in regime aleatorio. Work Break Down Structure.

Propedeuticità: Impianti meccanici.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta e colloquio finale.

Insegnamento: Progetto di Macchine

Modulo Didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Progetto di Macchine	ING-IND/08-09	b	II	6

Obiettivi formativi: Fornire allo studente elementi per la corretta scelta e per il dimensionamento di massima dei principali tipi di macchine motrici ed operatrici a fluido.

Contenuti: Teoria della similitudine e applicazioni alle turbomacchine

Il diametro adimensionale di Cordier, diagramma di Cordier

Il flusso attorno alle ali e profili alari

Progettazione di turbomacchine a flusso assiale, equilibrio radiale, differenti soluzioni di progetto

Criteri generali per il calcolo di pompe e compressori centrifughi; il fattore di scorrimento

Applicazione ai motori alternativi della teoria della similitudine; definizione del carico termomeccanico

Progettazione in similitudine dei motori ad accensione comandata e Diesel

Dimensionamento di macchine volumetriche a stantuffo

Propedeuticità: Termofluidodinamica delle macchine

Modalità di accertamento del profitto: Esame orale.

Insegnamento: Tecnica del freddo

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnica del freddo	ING-IND/10-11	b	II	6

Modalità di insegnamento: Lezione

Ore impegno docente: 30 **Ore impegno studente:** 90

Modalità di insegnamento: Esercitazione

Ore impegno docente: 18 **Ore impegno studente:** 36

Modalità di insegnamento: Laboratorio

Ore impegno docente: 15 **Ore impegno studente:** 15

Modalità di insegnamento: Seminario

Ore impegno docente: 6 **Ore impegno studente:** 9

Obiettivi formativi:

L'obiettivo del corso è fornire agli allievi conoscenze teoriche approfondite sui componenti e gli impianti dedicati alla produzione del freddo che consentano la scelta e il dimensionamento dei componenti per impianti a compressione di vapore.

Contenuti:

Descrizione dei processi di refrigerazione: macchine frigorifere a compressione di vapore e ad assorbimento; refrigerazione magnetica.

Analisi termodinamica dei cicli frigoriferi a compressione di vapore: il ciclo termodinamico di base. L'effetto del surriscaldamento e del sottoraffreddamento. Lo scambiatore interno. Altre modifiche al ciclo termodinamico di base.

Valutazione del coefficiente di prestazione e influenza dei parametri termodinamici sulle prestazioni.

Il ciclo termodinamico reale: l'influenza delle perdite di carico.

I fluidi frigorigeni: analisi delle proprietà termofisiche, infiammabilità, tossicità. Cenni sulla normativa vigente in campo ambientale. I fluidi termovettori.

I componenti delle macchine frigorifere a compressione di vapore: compressori (tipologie, limiti di funzionamento), apparecchiature di scambio termico (tipologie, limiti di funzionamento, valutazione dei coefficienti di scambio termico e delle perdite di carico per fluidi bifasici), valvole di laminazione (tipologie e principio di funzionamento), altri accessori. La regolazione delle macchine frigorifere e il funzionamento a carico parziale.

Dimensionamento di un impianto frigorifero a compressione di vapore: scelta e balancing dei componenti.

Nell'ambito del corso saranno effettuate visite al laboratorio di tecnica del freddo.

Propedeuticità: Termodinamica dei processi di conversione dell'energia.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale con discussione di un elaborato progettuale.

Insegnamento: Tecnologia meccanica II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnologia meccanica II	ING-IND/16	b	I	6
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 20		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 20		
Modalità di insegnamento: Seminario	Ore impegno docente: 14	Ore impegno studente: 14		
Modalità di insegnamento: Prova intracorso	Ore impegno docente: 6	Ore impegno studente: 6		

Obiettivi formativi:

Il corso ha lo scopo di fornire le conoscenze relative a processi di fabbricazione e lavorazione non convenzionali e di approfondire gli aspetti teorico – scientifici dei processi di fabbricazione e lavorazione. L'allievo sarà in grado di selezionare il processo produttivo e dimensionarlo sia dal punto di vista impiantistico che da quello della scelta di parametri operativi, individuando le criticità e definendo criteri di controllo.

Contenuti:

Materiali di interesse ingegneristico. Fonderia: principi e metodi di simulazione; tecniche di colata in forma permanente e non tradizionali. Lavorazioni per deformazione plastica; deformazioni; lavoro; potenza; Fucinatura, stampaggio; lamiere. Lavorazioni per asportazione di truciolo; basi fisiche del processo di taglio; parametri di taglio; lavorazioni per asportazione; criteri di scelta di macchine utensili; macchine a controllo numerico.

Propedeuticità: Tecnologia meccanica I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Tecnologie speciali II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tecnologie speciali II	ING-IND/16	b	I	3
Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 20	Ore impegno studente: 50		
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 10	Ore impegno studente: 15		
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 5	Ore impegno studente: 7		
Modalità di insegnamento: Prova intercorso	Ore impegno docente: 3	Ore impegno studente: 3		

Obiettivi formativi:

Il corso si propone di fornire conoscenze rivolte ad alcune lavorazioni non convenzionali e di introdurre metodologie di base per l'analisi statistica di dati per il controllo statistico dei processi produttivi.

Contenuti:

Considerazioni generali sui seguenti processi: lavorazioni chimiche, lavorazioni con getto abrasivo, lavorazioni con fascio elettronico, saldatura per attrito, sinterizzazione. Metodologie per l'analisi statistica di dati per il controllo statistico dei processi produttivi: grafici di probabilità, carte di controllo, indici di capacità di processo, istogrammi.

Propedeuticità: Tecnologia meccanica I.

Prerequisiti: Nessuno

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta, eventualmente integrata da prova orale.

Insegnamento: Termodinamica dei processi di conversione dell'energia

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Termodinamica dei processi di conversione dell'energia	ING-IND/10-11	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 90
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 30	Ore impegno studente: 60

Obiettivi formativi:

Il corso di prefigge l'obiettivo di fornire all'allievo le conoscenze necessarie per l'analisi e l'ottimizzazione dei principali sistemi e processi termodinamici di interesse energetico. In particolare, vengono analizzate in dettaglio le tecniche per il miglioramento dell'efficienza termodinamica di impianti motori con turbine a gas e vapore e di impianti operatori (frigoriferi e pompe di calore).

Contenuti:

Richiami di termodinamica: prima e seconda legge della termodinamica per sistemi chiusi e aperti. Il concetto di exergia. Bilanci di exergia per sistemi chiusi e aperti. Teorema di Guy-Stodola. Misure relative e assolute di irreversibilità: exergia distrutta, rendimenti exergetici, difetti di efficienza. Coefficienti di legame strutturale (CLS) e loro applicazione. Analisi delle irreversibilità: aliquote endogene e strutturali; applicazione a problematiche di progettazione e gestione di impianti di conversione energetica. Elementi di termoeconomia. Analisi e ottimizzazione termodinamica di impianti motori ed operatori e loro componenti: scambiatori di calore, pompe e compressori, turbine, caldaie, impianti motori con turbina a vapore e a gas, frigoriferi e pompe di calore a compressione di vapore. Esempi di applicazione: analisi e ottimizzazione termoeconomica di centrali frigo-termo-elettriche.

Propedeuticità: Fisica tecnica.

Prerequisiti: Macchine.

Modalità di accertamento del profitto: Colloquio orale.

Insegnamento: Termofluidodinamica delle macchine

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Termofluidodinamica delle macchine	ING-IND/08-09	b	I	6

Modalità di insegnamento: Lezione	Ore impegno docente: 44	Ore impegno studente: 132
Modalità di insegnamento: Esercitazione	Ore impegno docente: 8	Ore impegno studente: 19
Modalità di insegnamento: Laboratorio	Ore impegno docente: 4	Ore impegno studente: 4

Obiettivi formativi:

Obiettivo del corso è l'approfondimento degli argomenti e delle metodologie indispensabili per una formazione completa nell'ambito energetico-ambientale, attraverso i "fondamenti" dello studio termofluidodinamico delle macchine e dei sistemi energetici, ed esempi applicativi.

Contenuti:

Strumenti di studio generali: Analisi termodinamica delle macchine; Combustione e scambio termico nelle macchine e negli impianti motori; Meccanismi di formazione degli inquinanti.

Metodi di miglioramento dei cicli: Criteri generali per l'aumento del rendimento dei cicli degli impianti motori: Cicli avanzati delle T.G; Cicli combinati e ad iniezione di acqua e vapore. Cicli ibridi con celle a combustibile.

Applicazioni: Impianti a vapore di grande potenza, a ciclo combinato e cogenerativi; Monitoraggio e abbattimento degli inquinanti.

Strumenti di studio generali: Equazioni fluidodinamiche e meccanismi di scambio di lavoro nelle macchine; Moto nei condotti delle turbomacchine e delle macchine volumetriche. Fenomenologie tipiche delle macchine a fluido: perdite fluidodinamiche, cavitazione, stallo, riempimento di macchine volumetriche, etc... Criteri di similitudine.

Metodi di studio fluidodinamico delle macchine: Curve caratteristiche di macchine motrici e operatrici; Tipologie di stadi di turbomacchine; Studio fluidodinamico delle schiere di pale e delle camere di combustione di MCI e TG.
Applicazioni: Turbomacchine multistadio; Turbine Idrauliche; Regolazione delle macchine; T.G. e MCI sovralimentati. Sollecitazioni meccaniche e aerodinamiche nelle turbomacchine; Fenomeni pulsanti nelle macchine e sollecitazioni indotte; Tecnologia delle TG e sistemi di raffreddamento; Criteri di scelta delle macchine e dei sistemi energetici e analisi di impatto ambientale.

Propedeuticità: Macchine.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Trasmissione del calore II

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Trasmissione del calore II	ING-IND/10-ING-IND/11	b	II	6
Modalità di insegnamento : Lezione	Ore impegno docente : 32	Ore impegno studente : 96		
Modalità di insegnamento : Esercitazione	Ore impegno docente : 25	Ore impegno studente : 50		
Modalità di insegnamento : Laboratorio	Ore impegno docente : 4	Ore impegno studente : 4		

Obiettivi formativi:

Il modulo fornisce le conoscenze necessarie per la comprensione dei fenomeni di trasporto dell'energia termica e per una corretta progettazione termica di sistemi e componenti.

Contenuti:

Conduzione: Richiami ed approfondimenti. Soluzione di campi termici conduttivi transitori multidimensionali con tecniche analitiche e numeriche.

Convezione: Richiami ed approfondimenti. Fenomenologia e correlazioni in convezione forzata, naturale e mista.

Irraggiamento termico: Schermi radiativi.

Scambiatori di calore: Equazioni di progetto e criteri di scelta.

Esercitazioni numeriche con l'utilizzo di codici di calcolo termofluidodinamici. Esercitazioni sperimentali di laboratorio.

Propedeuticità: Trasmissione del calore I.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Insegnamento: Tribologia

Modulo didattico	SSD	Af	Anno	CFU
Tribologia	ING-IND/13	b	I	6
Modalità di insegnamento : Lezione	Ore impegno docente : 26	Ore impegno studente : 78		
Modalità di insegnamento : Laboratorio	Ore impegno docente : 9	Ore impegno studente : 18		
Modalità di insegnamento : Prova intracorso	Ore impegno docente : 4	Ore impegno studente : 4		

Obiettivi formativi:

Il corso è finalizzato all'analisi dei meccanismi di usura di materiali metallici, polimerici, ceramici e compositi.

Contenuti:

Meccanica dei contatti e proprietà dei materiali in relazione al contatto. Metrologia degli stati superficiali. Meccanismi di attrito e usura. Usura di materiali metallici e compositi a matrice metallica, polimerica e ceramica. Tecnologie e materiali per la lubrificazione.

Propedeuticità: Meccanica applicata alle macchine.

Prerequisiti: Nessuno.

Modalità di accertamento del profitto: Prove scritte in itinere e prova finale/colloquio.

Calendario delle attività didattiche nell'a.a. 2006/2007

I ANNO

1° semestre	Inizio 25 settembre 2006	Termine 16 Dicembre 2006
Esami	Inizio 18 Dicembre 2006	Termine 24 Febbraio 2007
2° semestre	Inizio 26 Febbraio 2007	Termine 09 Giugno 2007
Esami	Inizio 11 Giugno 2007	Termine 04 Agosto 2007
Esami	Inizio 20 Agosto 2007	Termine 29 Settembre 2007