



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024
CORSO DILAUREA MAGISTRALE	INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE
INSEGNAMENTO	TERMOTECNICA E REGOLAZIONI TERMOFLUIDODINAMICHE
TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	20927-Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	23148
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/10
DOCENTE RESPONSABILE	CATRINI PIETRO Ricercatore a tempo determinato Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	6
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	96
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	54
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	1
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	CATRINI PIETRO Lunedì 12:00 13:00 Stanza T103, Edificio 9. Martedì 12:00 13:00 Stanza T103, Edificio 9. Mercoledì 12:00 13:00 Stanza T103, Edificio 9. Giovedì 12:00 13:00 Stanza T103, Edificio 9. Venerdì 12:00 13:00 Stanza T103, Edificio 9.

PREREQUISITI	Lo studente deve possedere adeguate conoscenze dei temi legati alla termodinamica, allo scambio termico, alla meccanica dei fluidi ed alle loro applicazioni nella Fisica Tecnica.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacità di comprensione. Lo studente al termine del Corso avrà conoscenze approfondite sulle metodologie di progetto e caratterizzazione del funzionamento di apparecchi di scambio termico, di caldaie e valvole e conoscenze di base per la regolazione di tali sistemi. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende: lezioni frontali; analisi e discussione di casi di studio. Per la verifica di questo obiettivo l'esame comprende una prova orale sugli argomenti del programma. Capacità di applicare conoscenza e comprensione. Lo studente sarà in grado di applicare concretamente alle problematiche reali, sia di verifica che di progetto, le nozioni apprese durante il Corso. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende lezioni frontali ed esercitazioni guidate. Per la verifica di questo obiettivo parte della prova orale d'esame è dedicata alla soluzione di semplici esercizi. Autonomia di giudizio. Lo studente sarà in grado di riconoscere e classificare i fenomeni fisici oggetto del Corso per una corretta gestione degli stessi nella prassi lavorativa. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende lezioni frontali ed esercitazioni guidate. Per la verifica di questo obiettivo parte della prova orale d'esame è dedicata alla soluzione di semplici esercizi. Abilità comunicative. Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere i concetti inerenti la disciplina. Sarà in grado di sostenere conversazioni e redigere documenti basilari inerenti le tematiche affrontate durante il Corso. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende lezioni frontali ed esercitazioni guidate. Per la verifica di questo obiettivo parte della prova orale d'esame è dedicata alla soluzione di semplici esercizi. Capacità di apprendimento. Lo studente al termine del Corso sarà in grado di progettare scambiatori di calore, caldaie, valvole e di studiarne le caratteristiche di funzionamento con appropriati modelli di simulazione, di progettare la componentistica di sistemi energetici complessi e di affrontare lo studio di componenti afferenti a processi complessi per l'innovazione tecnologica di sistemi ed impianti energetici. Per il raggiungimento di questo obiettivo il corso comprende lezioni frontali ed esercitazioni guidate. Per la verifica di questo obiettivo parte della prova orale d'esame è dedicata alla soluzione di semplici esercizi.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	La valutazione avviene tramite una Prova Orale finale. Lo studente esaminando dovrà rispondere, nell'ambito del colloquio, ad un minimo di tre domande, sia aperte sia semi-strutturate, su tutte le parti oggetto del corso e secondo approcci proposti nel materiale distribuito e nei testi consigliati. Nell'ambito della prova può essere richiesta allo studente la risoluzione, al calcolatore, di elementari applicazioni termotecniche volti ad accertare la capacità di risoluzione di problemi pratici analoghi a quelli sviluppati in aula. La prova è volta ad accertare il possesso delle competenze e delle conoscenze disciplinari previste dal corso, e tende a verificare la comprensione degli argomenti, la competenza interpretativa, le capacità elaborative ed espositive e l'autonomia di giudizio nelle applicazioni concrete. La soglia della sufficienza sarà raggiunta quando lo studente mostri conoscenza e comprensione degli argomenti almeno nelle linee generali e abbia competenze applicative minime nel campo della termotecnica; lo studente dovrà altresì possedere sufficienti capacità espositive ed argomentative, tali da consentire la trasmissione delle sue conoscenze all'esaminatore. Al di sotto di tale soglia, l'esame risulterà insufficiente. Il colloquio ha una durata di circa 40 minuti. La valutazione avviene in trentesimi. Valutazione Voto Esiti: Eccellente 30 - 30 e lode: Ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprietà di linguaggio, buona capacità analitica, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti. Molto buono 26 - 29: Buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti. Buono 24 - 25: Conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti. Soddisfacente 21 - 23: Non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprietà di linguaggio, scarsa capacità di applicare autonomamente le conoscenze acquisite. Sufficiente 18 - 20: Minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima capacità di applicare

	autonomamente le conoscenze acquisite. Insufficiente: Non possiede una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento.
OBIETTIVI FORMATIVI	Obiettivo del corso è quello di approfondire lo studio della Termotecnica applicata ai processi energetici e delle metodologie di calcolo di progetto e per la caratterizzazione del funzionamento di apparecchi di scambio termico, di caldaie e alla loro regolazione. Scopo del corso, oltre allo studio della teoria, è l'acquisizione di una certa familiarità con le varie tecniche di calcolo. A ciò tendono le esercitazioni, alle quali si raccomanda di aggiungere lo svolgimento di esercizi anche con l'aiuto dei testi consigliati.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali ed esercitazioni.
TESTI CONSIGLIATI	Materiale fornito dal docente. Sadik Kakaç, Hongtan Liu, Anchasa Pramuanjaroenkij, Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design, Fourth Edition, CRC press, ISBN 9781138601864. W. Serth and Thomas G. Lestina, Process Heat Transfer, Principles, Applications and Rules of Thumb, Academic Press ISBN 978-0-12-397195-1. Annaratone D., "Generatori di vapore", Collana Politecnica, Maggioli Editore, 2017, ISBN/EAN: 8891622075/9788891622075 G. Cornetti, F. Millo, Scienze Termiche e Macchine a vapore, Tomo 2A, il Capitello, ISBN: 9788842675143. Paolo Bolzern, Riccardo Scattolini, Nicola Schiavoni, FONDAMENTI DI CONTROLLI AUTOMATICI 4/ED, Mc-Graw Hill, ISBN 978-8838668821.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	Richiami di Trasmissione del Calore: modalità di scambio termico e leggi di riferimento, analogia elettrica nella trasmissione di calore, numeri adimensionali ed alettature. Richiami di Meccanica di fluidi: contenuto energetico di fluidi in moto ed equazioni di conservazione dell'energia, calcolo delle perdite di carico distribuite e concentrate, potenza assorbita da macchina operatrice.
4	Scambiatori di calore: classificazione ed analisi dei principali metodi per la progettazione preliminare e per la verifica (Metodo LMTD, epsilon-NTU). Analisi delle principali correlazioni per il calcolo dei coefficienti convettivi e delle perdite di carico. Calcolo del coefficiente globale di scambio termico in assenza e presenza di alettatura. Problema del "fouling" e tecniche di controllo e prevenzione. Influenza del fouling sul design dello scambiatore.
6	Scambiatori di calore a fascio tubiero: descrizione dei principali componenti e analisi dello Standard TEMA. Criteri adottati per l'allocazione dei flussi di materia (lato tubi e lato mantello); per la scelta del numero di passaggi dei tubi nel mantello, e per la scelta del numero di mantelli da porre in serie. Elementi di progettazione termoidraulica: metodo di Kern, metodo di Bell-Delaware. Cenni allo "Stream Analysis Method".
3	Scambiatori a piastre: caratteristiche costruttive ed applicazioni. Criteri per la disposizione dei flussi e scelta del numero di passaggi. Principali equazioni per la progettazione termoidraulica.
3	Analisi sommaria dei principali scambiatori compatti: piastre ed alette, tubi ed alette. Analisi degli evaporatori e dei condensatori.
8	Caldaie: richiami sulla combustione e sui combustibili. Analisi delle varie tipologie di caldaie per uso civile e per uso industriale. Caratteristiche costruttive delle caldaie. Circolazione del fluido e analisi del tiraggio. Meccanismi di scambio termico. Analisi delle emissioni. Generatori di calore a temperatura costante e a temperatura scorrevole. Elementi di progettazione di un generatore di vapore: design dell'economizzatore, evaporatore e surriscaldatore.
5	Valvole di regolazione per impianti termotecnici: analisi delle valvole più utilizzate e caratteristiche costruttive. Curva caratteristica di una valvola di regolazione (lineare, equipercentuale), regolabilità e trafilamento. Analisi dei servomotori più utilizzati. Scelta della valvola di regolazione: autorità di una valvola. Analisi di circuiti di impiantistica termotecnica con valvole di regolazione: circuito in limitazione, miscelazione e deviazione.
2	Analisi dei principali schemi impiantistici di centrali termo-frigorifere finalizzate condizionamento. Focus su una tipica centrale termofrigorifera basata su pompa di calore reversibile aria-acqua.
3	Controllori a due posizioni. Leggi di controllo feedback: controllori proporzionali, integrali e derivativi (PID). Analisi dell'azione del controllore e tecniche di "tuning". Controllo "feed-forward". Analisi di semplici architetture di controllo per sistemi termotecnici: regolazione di scambiatori di calore, regolazione della velocità di rotazione dei compressori di un gruppo frigorifero, regolazione del grado di apertura di una valvola per batterie di raffreddamento/riscaldamento di aria.
ORE	Esercitazioni
2	Esercitazioni sull'utilizzo dei metodi LMTD e epsilon-NTU
6	Progettazione termoidraulica di scambiatore tubo e mantello.
2	Progettazione termoidraulica di scambiatore a piastre
1	Esercizi combustione e calcolo della temperatura acida dei fumi
3	Applicazione numerica sulla progettazione preliminare di un generatore di vapore: design dell'economizzatore, evaporatore e surriscaldatore.
3	Scelta di una valvola di regolazione per circuito idronico adibito al condizionamento ambientale.