



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria		
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2022/2023		
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024		
CORSO DILAUREA	INGEGNERIA DELL'ENERGIA E DELLE FONTI RINNOVABILI		
INSEGNAMENTO	ENERGETICA		
TIPO DI ATTIVITA'	B		
AMBITO	50299-Ingegneria energetica		
CODICE INSEGNAMENTO	03003		
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	2		
PERIODO DELLE LEZIONI	2° 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.		

DOCENTE: Prof. PIETRO CATRINI

PREREQUISITI	Fondamenti di termodinamica, trasmissione del calore, psicrometria, meccanica dei fluidi, chimica e chimica applicata.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	<p>Conoscenza e capacità di comprensione Lo studente, al termine del corso, avrà conoscenze adeguate per affrontare gli aspetti di base dei processi energetici che intervengono negli impianti civili ed industriali e delle problematiche inerenti il funzionamento dei sistemi energetici. La verifica verrà effettuata nel corso della prova scritta e/o orale.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito conoscenze e capacità di comprensione adeguate e professionalizzanti circa la caratterizzazione dei sistemi energetici e processi industriali, potendone valutare le prestazioni e la relativa efficienza per affrontare le varie problematiche relative agli usi dell'energia. Inoltre sarà in grado di elaborare modelli termodinamici di sistemi energetici e processi industriali. La verifica verrà effettuata nel corso della prova orale.</p> <p>Autonomia di giudizio Lo studente, al termine del corso, avrà acquisito adeguata capacità di giudizio in relazione alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento, avendo maturato la capacità di ricavare i dati necessari anche autonomamente. La verifica verrà effettuata nel corso della prova orale.</p> <p>Abilità comunicative Lo studente sarà in grado di comunicare ad altri con competenza e proprietà formale di linguaggio in relazione alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento. Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. La verifica verrà effettuata nel corso della prova orale.</p> <p>Capacità d'apprendimento Lo studente sarà in grado di affrontare in autonomia le problematiche relative alle tematiche di pertinenza dell'insegnamento per un prosieguo nello studio e nella professione. La verifica verrà effettuata nel corso della prova orale.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	<p>La valutazione viene effettuata tramite una prova orale sulle seguenti macro aree: analisi energetica, sistemi per la produzione di potenza, sistemi di conversione energetica. La prova orale è di 3 domande aperte (durata massima di circa 1 ora). Obiettivo delle prove è la verifica delle conoscenze acquisite e della capacità di critica, elaborazione e comunicazione. La votazione finale è in trentesimi, eventualmente con lode.</p> <p>A) Eccellente (30-30 e lode): Ottima conoscenza dei contenuti didattici; gli studenti dovrebbero mostrare una elevata capacità di analisi e di sintesi e dovrebbero essere in grado di applicare le loro conoscenze per risolvere problemi di elevata complessità.</p> <p>B) Ottimo (27-29): Ottima conoscenza dei contenuti dell'insegnamento e di capacità di linguaggio; gli studenti dovrebbero mostrare capacità di analisi e di sintesi ed essere in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi di media e, in alcuni casi, anche di maggiore complessità.</p> <p>C) Buono (24- 26): Buona conoscenza dei contenuti di insegnamento e di capacità di linguaggio; gli studenti dovrebbero essere in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi di media complessità.</p> <p>D) Discreto (19-23): Media conoscenza dei contenuti di insegnamento, in alcuni casi limitata alle tematiche principali; accettabile capacità di linguaggio e di applicare le conoscenze acquisite in modo indipendente.</p> <p>E) Sufficiente (18): Minima conoscenza dei contenuti didattici, spesso limitata agli argomenti essenziali; modesta capacità di usare un linguaggio tecnico e di applicare le conoscenze acquisite in modo indipendente.</p> <p>F) Insufficiente (meno di 18): Non adeguata conoscenza dei contenuti essenziali dell'insegnamento. Molto scarsa o nessuna capacità di linguaggio e di applicare le conoscenze acquisite in modo indipendente.</p>
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso mira a fornire le basi dell'analisi energetica ed exergetica per l'ottimizzazione di componenti e sistemi energetici, sia tradizionali sia innovativi. Inoltre esso mira a fornire una panoramica dei vari cicli termodinamici utilizzati nel campo della produzione di potenza e della refrigerazione.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	L'insegnamento è strutturato in lezioni frontali a carattere teorico ed esercitazioni frontali applicative. Le esercitazioni sono esercizi numerici svolti in aula dal Docente sui concetti teorici introdotti a lezione e connesse a tipiche applicazioni energetiche sia civili sia industriali.
TESTI CONSIGLIATI	Testi di riferimento/Textbook 1. Dispense del Docente, articoli e manuali distribuiti durante il corso. 2. T.J. Kotas, "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis", Paragon

	<p>Publishing, 2012, EAN: 9781908341891.</p> <p>3. Cucumo MA, Kaliakatsos D, Marinelli V, "Energetica", Pitagora Ed., 2006, ISBN 88-371-1625-X.</p> <p>3. G. Lozza, "Turbine a Gas e Cicli Combinati", Esculapio Editore, 2020, ISBN 978-88-7488-934-1.</p> <p>4. O. Acton, C. Caputo, "Impianti Motori", UTET, 1992, ISBN 88-02-04668-9.</p> <p>Testi di utile consultazione/Useful books</p> <p>1. F. Calise, M. Dentice D'Accadia, L. Vanoli, R. Vanoli, "Fondamenti di analisi exergetica", Giapeto Editore, Napoli, 2018, ISBN-10:8893260638, ISBN-13:978-8893260633</p> <p>2. Negri Di Montenegro G, et al.: "Sistemi energetici e macchine a fluido" Vol. 1, Pitagora Ed. Bologna, 2009, ISBN 88-371-1761-2</p> <p>3. Bianchi M, et al.: "Sistemi energetici - Complementi" Vol. 2, Pitagora Ed. Bologna, 2008, ISBN 88-371-1755-8</p> <p>4. Bianchi M, et al.: "Sistemi energetici - Impatto ambientale" Vol. 3, Pitagora Ed. Bologna, 2008, ISBN 88-371-1754-X</p> <p>5. Bejan A, Tsatsaronis G, Moran M: "Thermal design and optimization", J. Wiley, 1996, ISBN: 978-0-471-58467-4</p> <p>6. Eastop TD, McConkey A, "Applied Thermodynamics for Engineering Technologists", 5th Ed., Pearson-Prentice Hall, 1993, ISBN-10: 9780582091931, ISBN-13: 978-05820919315.</p> <p>7. Kirillin VA, Sycev VV, Seyndlin AE: "Termodinamica Tecnica", Ed. Riuniti/MIR, 1980, ISBN-10: 8835920795 ISBN-13: 978-8835920793.</p> <p>8. Kreith F, "Principles of Sustainable Energy Systems" 2nd Ed., CRC Press, 2013, ISBN-10: 9781466556966, ISBN-13:978-1466556966</p>
--	---

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Prolusione al corso. Richiami di Fisica Tecnica.
4	Analisi entropica dei componenti e dei sistemi energetici. Teorema di Gouy-Stodola per il calcolo della perdita di capacità di lavoro e del lavoro minimo di "ristoro". Applicazione al caso dello scambio termico, espansione incontrollata e miscelazione di fluidi a diversa temperatura.
10	Exergia: analisi puntuale della definizione e delle proprietà. Exergia dei flussi di calore e del lavoro. Exergia dei flussi di materia (analisi delle diverse componenti: cinetica, gravitazionale, fisica e chimica). Bilancio Exergetico per sistemi aperti operanti in condizioni stazionarie. Analisi exergetica ed exergetica dei componenti (Turbomacchine, Valvole di laminazione, Scambiatori di Calore e Caldaie). Calcolo del contenuto exergetico dei combustibili. Analisi exergetica dei cicli termodinamici diretti ed inversi. Analisi exergetica dei processi di raffreddamento e riscaldamento. Diagramma di Grassmann-Sankey. Cenni al calcolo del contenuto exergetico di sistemi chiusi.
6	Cicli diretti a Vapore. Metodi per l'incremento dell'efficienza termodinamica. Bilancio di massa e di energia per il ciclo Rankine rigenerativo. Cenni descrittivi dei principali componenti impiantistici: caldaia, turbine, pompe, scambiatori rigenerativi (miscelazione e superficie), degassatore, condensatore e torri evaporative. Analisi del layout tipico di un ciclo a vapore per centrale termoelettrica. Differenza tra cicli subcritici ed ipercritici.
6	Analisi del ciclo Brayton-Joule ideale. Calcolo del lavoro netto e dell'efficienza termodinamica, ed analisi al variare del rapporto di pressioni del ciclo. Analisi delle deviazioni del ciclo reale dall'ideale. Ciclo Brayton-Joule ideale rigenerativo. Ciclo Ericsson. Interrefrigerazione e Post-combustione: scelta della pressione ottimale, ed effetti sul lavoro netto e sull'efficienza termodinamica. Descrizione componenti degli impianti turbogas. Cenni agli impianti STIG e ISTIG.
3	Cenni ai Cicli diretti a vapore binari. Cicli Combinati Gas-Vapore: sviluppo del modello termodinamico. Descrizione del Generatore di Vapore a Recupero. Cenni sulla cogenerazione.
4	Macchine frigorifere ad Assorbimento. Descrizione delle trasformazioni termodinamiche e dei principali componenti. Diagrammi Pressione-Temperatura. Descrizione delle proprietà delle coppie "Acqua-Bromuro di Litio" ed "Ammoniaca-Acqua". Derivazione del COP ed analisi dei valori tipici del COP per macchine presenti sul mercato. Differenze tra macchine "directly fired" and "undirectly fired". Utilizzo razionale delle macchine frigorifere ad assorbimento e confronto con macchine frigorifere a compressione di vapore. Funzionamento della macchine ad assorbimento in modalità "pompa di calore" e "trasformatore di calore". Descrizione dei flussi di exergia scambiati dalle macchine ad assorbimento.
4	Cicli Frigoriferi Avanzati: cicli multi-stadio e cicli in cascata. Ciclo di Liquefazione Linde-Hampson.
ORE	Esercitazioni
3	Applicazioni numeriche sul bilancio entropico e Teorema di Gouy-Stodola.
5	Applicazione numeriche sull'analisi exergetica dei componenti e degli impianti.
2	Applicazione numerica sul ciclo Rankine rigenerativo
4	Applicazioni numeriche sul Ciclo Brayton-Joule.
1	Applicazione numerica sul ciclo combinato gas-vapore.