



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2024/2025
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2026/2027
CORSO DILAUREA	INGEGNERIA DELL'ENERGIA E DELLE FONTI RINNOVABILI
INSEGNAMENTO	TERMOMECCANICA
TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50304-Ingegneria nucleare
CODICE INSEGNAMENTO	18110
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/19
DOCENTE RESPONSABILE	CHIOVARO PIERLUIGI Professore Associato 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	3
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	CHIOVARO PIERLUIGI Giovedì 09:00 13:00 Dipartimento di Ingegneria, Edificio 6 - I Piano - Stanza 116

PREREQUISITI	Conoscenze dei fondamenti di: - calcolo differenziale ed integrale - fisica classica - termodinamica - teoria del trasporto di massa ed energia - meccanica del continuo
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensIONE Lo studente, al termine del corso, avra' maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione sui seguenti argomenti: - Fondamenti della meccanica del continuo - Fondamenti dei processi di scambio termico - Modelli costitutivi termomeccanici per materiali impiegati negli impianti ad alta intensita' energetica: solidi metallici, ceramici e granulari e fluidi - Prestazioni termomeccaniche di componenti esposti ad elevati flussi termici - Prestazioni termomeccaniche di componenti in pressione (tubi, vessel, pressurizzatori, scambiatori di calore e generatori di vapore, etc.) - Prestazioni termomeccaniche di componenti esposti ad irraggiamento neutronico (infragilimento e swelling neutronico) - Fondamenti dei metodi computazionali adottati per lo studio delle prestazioni termomeccaniche di componenti di impianti ad alta intensita' energetica (Metodo degli Elementi Finiti) - Normativa internazionale per la progettazione e la verifica di sicurezza di componenti di impianti ad alta intensita' energetica La valutazione avverra' tramite prova orale. CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Lo studente maturera' la capacita' di analizzare e valutare le prestazioni termomeccaniche di componenti di impianti ad alta intensita' energetica, nonche' di effettuare: - Analisi e dimensionamento di massima di componenti esposti ad elevati flussi termici - Analisi e dimensionamento di massima di componenti in pressione (tubi, vessel, pressurizzatori, scambiatori di calore e generatori di vapore, etc) - Procedure di stress linearization per la verifica delle regole di sicurezza prescritte dalla normativa internazionale - Analisi dello stato di sollecitazione di un componente di un impianto ad alta intensita' energetica e verifica delle pertinenti regole di sicurezza prescritte dalla normativa coerentemente con il suo scenario di funzionamento La valutazione avverra' tramite prova orale. AUTONOMIA DI GIUDIZIO Lo studente, al termine del corso, avra' maturato la capacita' di valutare autonomamente le prestazioni di componenti di un impianto ad alta intensita' energetica con particolare riferimento a quelle termiche e meccaniche, giudicando il margine di sicurezza ad esse connesso. Avra' inoltre maturato autonomia di giudizio in relazione a: - Comprensione di rapporti tecnici e progettuali pertinenti ad impianti ad alta intensita' energetica - Progettazione di massima di componenti esposti ad elevati flussi termici e di contenitori in pressione La valutazione avverra' tramite prova orale. ABILITA' COMUNICATIVE Lo studente, al termine del corso, avra' maturato un opportuno livello di dimestichezza con il linguaggio tecnico-scientifico impiegato nell'ambito dell'ingegneria degli impianti ad alta intensita' energetica, riuscendo ad interagire con professionisti e/o ricercatori del settore. La valutazione avverra' tramite prova orale. CAPACITA' DI APPRENDIMENTO Lo studente sviluppera' la capacita' di apprendere le problematiche scientificotecnologiche che caratterizzano lo sviluppo e la progettazione termomeccanica dei piu' rilevanti componenti di impianti ad alta intensita' energetica nonche' di approfondire autonomamente aspetti specifici non esplicitamente trattati (quali, ad es., quelli legati al comportamento elasto-plastico dei materiali). La valutazione avverra' tramite prova orale.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	L'esame prevede la prova orale, valutata in trentesimi. Il voto minimo per superare la prova e' 18/30. La prova ha una durata di 40÷50 minuti e consiste in un colloquio, articolato in almeno tre domande a risposta aperta inerenti l'intero programma del corso. Essa e' finalizzata ad accertare: - il grado di conoscenza, comprensione e padronanza dei contenuti del corso (50% della valutazione finale); - la capacita' di applicare con autonomia di giudizio e rigore metodologico le conoscenze e competenze acquisite all'analisi ed alla soluzione di problematiche tipiche della disciplina (30% della valutazione finale); - la proprieta' di linguaggio e la chiarezza espositiva (10% della valutazione

	finale); - le capacita' di rielaborare criticamente i concetti acquisiti, collocandoli nella opportuna connessione logica con le varie tematiche affrontate nel corso ed in quelli ad esso affini (10% della valutazione finale). METRICA DI VALUTAZIONE - 30 - 30 e lode (ottimo): ottima conoscenza e padronanza dei contenuti del corso illustrata con piena proprieta' di linguaggio e chiarezza espositiva, spiccata attitudine ad applicare con autonomia di giudizio e rigore metodologico le competenze acquisite rielaborandole criticamente. - 27 - 29 (distinto): piena conoscenza dei contenuti del corso illustrata con proprieta' di linguaggio e chiarezza espositiva, capacita' di applicare con buona autonomia di giudizio e rigore metodologico le competenze acquisite. - 24 - 26 (buono): buona conoscenza dei contenuti del corso illustrata con proprieta' di linguaggio, modesta capacita' di applicare con una discreta autonomia le competenze acquisite. - 22 - 24 (soddisfacente): soddisfacente conoscenza dei principali contenuti del corso illustrata con linguaggio tecnico accettabile, scarsa autonomia nell'applicazione delle competenze acquisite. - 18 - 21 (sufficiente): conoscenza minimale dei contenuti essenziali del corso e del pertinente linguaggio tecnico, scarsa o nulla autonomia di applicazione delle competenze acquisite. Per gli studenti con disabilità e neurodiversità saranno garantiti gli strumenti compensativi e le misure dispensative individuate, dal CeNDis - Centro di Ateneo per la disabilità e la neurodiversità, in base alle specifiche esigenze e in attuazione della normativa vigente.
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso mira ad approfondire le problematiche termomeccaniche connesse alla progettazione ed allo sviluppo di componenti di impianti ad alta intensita' energetica volti alla produzione di energia elettrica su scala industriale. L'attenzione sara' focalizzata inizialmente sui fondamenti della meccanica del continuo e dei processi di trasporto dell'energia termica, individuando le funzioni che definiscono in maniera completa ed autoconsistente la risposta termomeccanica di un dato sistema e le equazioni di governo che ne determinano la distribuzione spazio-temporale coerentemente con un definito sistema di funzioni di sollecitazione e di condizioni al contorno. A tal proposito si analizzeranno i modelli costitutivi termomeccanici tipicamente adottati per i materiali piu' comunemente impiegati negli impianti ad alta intensita' energetica, quali solidi metallici, ceramici e granulari e fluidi. Successivamente si analizzeranno le prestazioni termomeccaniche stazionarie di componenti di impianti ad alta intensita' energetica quali quelli esposti ad elevati flussi termici e quelli in pressione (tubi, vessel, pressurizzatori, scambiatori di calore e generatori di vapore) e si introdurrà lo studio delle analoghe prestazioni nel caso di componenti esposti ad irraggiamento neutronico. Inoltre, si introdurranno i fondamenti delle tecniche numeriche piu' comunemente adottate per lo studio di dettaglio di componenti di impianti ad alta intensita' energetica, approfondendo, anche con una serie di esercitazioni al calcolatore, i fondamenti teorici del Metodo degli Elementi Finiti e le modalita' d'impiego di pertinenti codici commerciali. Infine, si introdurrà e commenterà criticamente la normativa internazionale per la progettazione e la verifica di sicurezza di componenti di impianti ad alta intensita' energetica, prestando attenzione alle tecniche di linearizzazione delle tensioni ed al concetto di tensione ammissibile.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	L'attivita' didattica e' organizzata in lezioni frontali ed esercitazioni di tipo computazionale, prevalentemente svolte con il supporto di codici di calcolo termomeccanici agli elementi finiti.
TESTI CONSIGLIATI	- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, J. Wiley, 2001, ISBN-13: 978-0471381495. - Carslaw and Jaeger, Conduction of Heat in Solids, Oxford University Press, 2004, ISBN-13 : 978-0198533689. - Reddy, Principles of Continuum Mechanics, Cambridge University Press, ISBN: 2010, 9780511763212 - Salencon, Handbook of Continuum Mechanics, Springer, 2000, ISBN 978-3-642-56542-7. - Barron, Barron, Design for thermal stresses, John Wiley and Sons, Inc, 2012, ISBN:9780470627693. - Bathe, Finite Element Procedures in Engineering Analysis, Prentice-Hall, 1982, ISBN-13 : 978-0133173055.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Fondamenti della meccanica del continuo
4	Fondamenti dei processi di trasporto dell'energia termica
3	Modelli costitutivi termomeccanici per materiali impiegati negli impianti ad alta intensita' energetica: solidi metallici, ceramici e granulari e fluidi

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
6	Prestazioni termomeccaniche di componenti esposti ad elevati flussi termici
10	Prestazioni termomeccaniche di componenti in pressione (tubi, vessel, pressurizzatori, scambiatori di calore e generatori di vapore, etc.)
3	Prestazioni termomeccaniche di componenti esposti ad irraggiamento neutronico (infragilimento e swelling neutronico)
5	Fondamenti dei metodi computazionali adottati per lo studio delle prestazioni termomeccaniche di componenti di impianti ad alta intensita' energetica (Metodo degli Elementi Finiti)
4	Normativa internazionale per la progettazione e la verifica di sicurezza di componenti di impianti ad alta intensita' energetica
6	Analisi delle prestazioni termomeccaniche di componenti in pressione con il Metodo degli Elementi Finiti
ORE	Esercitazioni
5	Analisi delle prestazioni termomeccaniche di componenti esposti ad elevati flussi termici con il Metodo degli Elementi Finiti
2	Analisi delle prestazioni termomeccaniche di componenti esposti a swelling neutronico con il Metodo degli Elementi Finiti
2	Stress linearization e verifica delle regole di sicurezza previste dalle norme