



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2023/2024
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2025/2026
CORSO DILAUREA	INGEGNERIA CIVILE
INSEGNAMENTO	FISICA TECNICA
CODICE INSEGNAMENTO	03318
MODULI	Si
NUMERO DI MODULI	2
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	ING-IND/09, ING-IND/11
DOCENTE RESPONSABILE	LA GENNUSA MARIA Professore Associato Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	LA GENNUSA MARIA Professore Associato Univ. di PALERMO
CFU	9
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	3
PERIODO DELLE LEZIONI	1° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	LA GENNUSA MARIA Giovedì 12:00 14:00 Dipartimento di Ingegneria, Edificio 9, Studio 2009, secondo piano. Venerdì 10:00 12:00 Dipartimento di Ingegneria, Edificio 9, Studio 2009, secondo piano.

<p>PREREQUISITI</p>	<p>Fondamenti di analisi matematica. Fondamenti di algebra lineare. Meccanica classica. Stati fisici della materia. Sistemi di unità di misura.</p>
<p>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</p>	<p>CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensIONE Il corso fornirà tutte le conoscenze e le metodologie necessarie per affrontare le tematiche connesse con i problemi di natura termodinamica, di trasmissione del calore ed impiantistica maggiormente ricorrenti nella pratica progettuale e nel contesto della sostenibilità ambientale. Le conoscenze riguarderanno: - fenomeni di scambio termico in ogni sua forma (conduzione, convezione, irraggiamento e mista); - lo studio delle correnti fluide nei condotti; - principi della Termodinamica e sue applicazioni pratiche (riconoscimento delle diverse forme di energia, principi generali che regolano la conversione da una forma di energia ad un'altra, equazioni che regolano i bilanci di energia nei sistemi chiusi ed aperti, proprietà delle sostanze pure, cicli termodinamici diretti e inversi, concetti base del comfort termoigrometrico negli spazi confinati, trasformazioni delle miscele d'aria umida).</p> <p>CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Lo studente sarà in grado di: - individuare le metodologie di analisi più appropriate alla natura ed alla entità dei problemi di natura termodinamica, di trasmissione del calore ed impiantistica; - acquisire con buona padronanza le dinamiche dei processi di uso e trasformazione dell'energia; - impostare e affrontare correttamente i problemi in cui sono coinvolte tutte le forme di trasmissione del calore; - valutare gli opportuni processi di condizionamento per ottenere un corretto comfort termico interno; - conoscere le grandezze termodinamiche fondamentali; - valutare il costo energetico correlato alla produzione di lavoro meccanico/elettrico da fonti energetiche tradizionali o rinnovabili; - valutare il costo energetico relativo alla trasmissione di energia fra sistemi mediante trasporto di calore e di massa.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO Al termine del corso lo studente avrà acquisito la capacità di identificare le soluzioni più pertinenti per ognuna delle specifiche problematiche nel campo della termodinamica e trasmissione del calore, valutando autonomamente l'efficacia delle diverse soluzioni. In particolare, lo studente sarà in grado: - confrontare processi per la produzione di lavoro ed energia e di valutarne l'efficienza; - calcolare il rendimento di cicli termodinamici e di mettere a confronto diversi sistemi di utilizzazione dell'energia con considerazioni termodinamiche; - interpretare l'efficacia di soluzioni diverse per il miglioramento dell'efficienza energetica di componenti e sistemi attraverso la corretta identificazione e computazione degli scambi termici in essi coinvolti; - intervenire in maniera autonoma per affrontare problematiche connesse con l'uso dell'energia in edilizia, ivi inclusi i temi impiantistici e con il corretto utilizzo delle fonti energetiche, grazie alla conoscenza di metodi integrati di analisi.</p> <p>ABILITA' COMUNICATIVE Lo studente acquisirà la capacità di: - comunicare ed esprimere problematiche inerenti i temi del corso; - sostenere conversazioni sulla fisica tecnica, ed in particolare di evidenziare problemi relativi alle interazioni termiche e termo-igrometriche fra occupanti e spazi confinati e fra questi ultimi e l'ambiente esterno; - offrire soluzioni pratiche. Le modalità di conduzione del corso e quelle della verifica finale sono fortemente finalizzate ad esaltare la capacità di comunicazione da parte dello studente verso un'utenza esterna, sia istituzionale che privata.</p> <p>CAPACITA' D'APPRENDIMENTO Sulla base delle conoscenze acquisite, lo studente sarà in grado di approfondire le sue conoscenze da fonti presenti nella letteratura scientifica e dai successivi insegnamenti. Lo studente sarà, inoltre, in condizione di apprendere nuove metodiche di approccio alle problematiche energetiche ed ambientali e di affrontare tematiche nuove sullo sfondo della sostenibilità ambientale consentendogli di proseguire gli studi ingegneristici con maggiore autonomia e discernimento.</p> <p>OBIETTIVI FORMATIVI Il corso si prefigge l'obiettivo di porgere le nozioni di base che consentano</p>

	<p>all'allievo di affrontare i problemi di natura termodinamica, di trasmissione del calore ed impiantistica maggiormente ricorrenti nella pratica progettuale.</p> <p>In dettaglio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - fenomeni di scambio termico in ogni sua forma (conduzione, convezione, irraggiamento e misto); - principi della Termodinamica; - proprietà delle sostanze pure; - funzionamento dei cicli termodinamici diretti e inversi; - trasformazioni delle miscele d'aria umida. <p>Il corso pone anche l'accento sulle metodiche di progettazione e controllo della qualità ambientale degli spazi confinati. Viene, inoltre, presentato un panorama delle tecnologie energetiche che, sia in ambito civile che industriale, fanno ricorso alle fonti rinnovabili.</p>
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	<p>La valutazione dell'apprendimento sarà effettuata attraverso una prova scritta ed una prova orale finali.</p> <p>CRITERI DI VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</p> <p>L'esame prevede una valutazione delle conoscenze e delle capacità del singolo studente. In particolare, la verifica finale si propone di valutare se lo studente ha acquisito una buona conoscenza e comprensione degli argomenti acquisiti durante il corso, e se è in grado di applicare i concetti teorici a situazioni pratiche.</p> <p>Conoscenza e competenza dello studente saranno valutate attraverso una prova scritta e una prova orale.</p> <p>In dettaglio, la prova scritta si sviluppa in due fasi: la prima nella somministrazione di un questionario con domande a risposta multipla o calcolata con max 15 domande; la seconda nella risoluzione commentata di 2 o 3 esercizi numerici o teorici. Il questionario serve a valutare il grado di conoscenza dei temi svolti durante il corso e la capacità di risolvere piccoli problemi di calcolo, mentre gli esercizi numerici hanno lo scopo di verificare la capacità dello studente di affrontare i problemi qualitativi e quantitativi della termodinamica, della trasmissione del calore e della psicrometria o meccanica dei fluidi. La durata della prova scritta sarà di circa 3-4 ore.</p> <p>La prova orale, invece, cercherà di verificare la capacità dell'allievo di elaborare le conoscenze acquisite, utilizzandole per superare i quesiti che gli vengono posti, e la capacità di esprimersi con un linguaggio tecnicamente corretto sui contenuti dell'insegnamento. La prova orale consisterà in almeno quattro domande relative agli argomenti affrontati durante il corso: una domanda sui principi della termodinamica, una sulla psicrometria ed il condizionamento dell'aria, una sulle forme di trasmissione del calore ed una domanda su elementi di fotometria ed illuminotecnica.</p> <p>La valutazione finale dello studente si baserà su tre criteri fondamentali: (1) correttezza della prova scritta; (2) adeguatezza delle risposte orali; (3) capacità dello studente di saper comunicare nel migliore dei modi all'esaminatore le sue conoscenze.</p> <p>Lo studente dovrà superare il maggior numero dei quesiti scritti e rispondere ad almeno quattro domande relative agli argomenti affrontati durante il corso.</p> <p>La soglia della sufficienza sarà raggiunta qualora lo studente mostri conoscenza e comprensione degli argomenti almeno nelle linee generali e abbia competenze applicative minime.</p> <p>La valutazione avviene in trentesimi.</p> <p>In dettaglio, la valutazione finale, opportunamente graduata, sarà formulata sulla base delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Conoscenza sufficiente degli argomenti e delle teorie affrontati nell'insegnamento; sufficiente grado di consapevolezza e di autonomia nell'applicazione delle teorie per la risoluzione di problemi; sufficiente capacità espressiva, di rielaborazione e di collegamento multidisciplinare (voto 18-21); b) Conoscenza discreta degli argomenti e delle teorie affrontati nell'insegnamento; discreto grado di consapevolezza e di autonomia nell'applicazione delle teorie per la risoluzione di problemi; discreta capacità espressiva, di rielaborazione e di collegamento multidisciplinare (voto 22-25); c) Buona conoscenza degli argomenti e delle teorie affrontati nell'insegnamento; buon grado di consapevolezza e di autonomia nell'applicazione delle teorie per la risoluzione di problemi; buona capacità espressiva, di rielaborazione e di collegamento multidisciplinare (voto 26-28); d) Ottima conoscenza degli argomenti e delle teorie affrontati nell'insegnamento; eccellente grado di consapevolezza e di autonomia nell'applicazione delle teorie per la risoluzione di problemi; ottima capacità espressiva, di rielaborazione e di collegamento multidisciplinare (voto 29-30L).
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	<p>L'insegnamento si svolge nel primo semestre del III anno. La didattica è organizzata in lezioni frontali ed esercitazioni in aula con lo scopo di applicare, attraverso esercizi numerici, i concetti teorici introdotti durante le lezioni frontali. Le esercitazioni riguarderanno applicazioni delle conoscenze teoriche acquisite, volte alla soluzione di problemi reali e di attualità, con particolare attenzione ai risvolti energetico/ambientali delle soluzioni elaborate.</p> <p>Gli esercizi svolti in aula mirano, inoltre, a simulare la prova finale di esame.</p>

**MODULO
MODULO I**

Prof.ssa MARIA LA GENNUSA

TESTI CONSIGLIATI

Per approfondire gli argomenti trattati durante il corso si consiglia di consultare i seguenti testi:

1. Dispense fornite dal Docente/Booklets;
2. Rodonò G., Volpes R., "Fisica Tecnica: Vol. 1 - Trasmissione del calore. Moto dei fluidi", Aracne editrice, Roma, 2011, ISBN-13: 978-8854843608;
3. Rodonò G., Volpes R., "Fisica Tecnica: Vol. 2 - Termodinamica", Aracne editrice, Roma, 2011, ISBN-13: 978-8854844728;
4. Yunus A. Çengel, Afshin J. Ghajar, "Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications", 6th Edition, Kindle Edition, McGraw-Hill Higher Education, ISBN-13: 978-0073398198;
5. Yunus A. Çengel, "Termodinamica e trasmissione del calore", V edizione, McGraw Hill, 2022. ISBN: 9788838655630;
6. Cesini G., Latini G., Polonara F., "Fisica Tecnica", II edizione, Città Studi Edizioni, 2022. ISBN: 9788825174410;
7. Moran M.J., Shapiro H.N., Bailey M.B., Munson B.R., DeWitt D.P., "Elementi di Fisica Tecnica per l'ingegneria", II edizione, McGraw Hill, 2022. ISBN: 9788838654961.

TIPO DI ATTIVITA'	B
AMBITO	50282-Ingegneria della sicurezza e protezione civile, ambientale e del territorio
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	98
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	52

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Il corso si prefigge l'obiettivo di porgere le nozioni di base che consentano all'allievo di affrontare i problemi di natura termodinamica e di trasmissione del calore maggiormente ricorrenti nella pratica progettuale.

In dettaglio:

- principi della Termodinamica per sistemi termodinamici chiusi ed aperti;
- proprietà delle sostanze termodinamiche omogenee;
- fenomeni di scambio termico in ogni sua forma (conduzione, convezione, irraggiamento e scambio termico misto).

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
1	Introduzione al corso: energia, ambiente ed edilizia.
1	Elementi di fisica applicata. Concetti di calore, energia, potenza e relative unità di misura
2	Introduzione alla termodinamica: Terminologia – Sistemi termodinamici – Proprietà o coordinate macroscopiche – Stato termodinamico – Equilibrio termodinamico – Trasformazioni termodinamiche reversibili ed irreversibili – Regola delle fasi.
3	Termodinamica del sistema chiuso: Il principio della termodinamica Legge della conservazione e trasformazione dell'energia – Equivalenza fra calore e lavoro – Esperienza di Joule – Funzioni di linea – Lavoro di variazione di volume – Energia interna di un sistema – Entalpia.
3	Termodinamica del sistema chiuso: Il principio della termodinamica Enunciati di Kelvin e Clausius – Reversibilità – Effetti dissipativi – Macchine termiche – Rendimento termodinamico – Teorema di Carnot – Temperatura termodinamica – Entropia – Entropia e lavoro.
2	Termodinamica del sistema aperto: Bilanci di massa e di energia meccanica - Equazione di continuità - I e II principio della termodinamica per i sistemi aperti – Apparecchiature atte a scambiare calore con un fluido (caldaie, scambiatori di calore, surriscaldatori, ecc.) - Apparecchiature atte a scambiare lavoro con un fluido (turbine, espansori, compressori, pompe, ecc.) - Apparecchiature atte a ridurre la pressione di un fluido senza compiere lavoro (valvole, ugelli, ecc.) - Energia e lavoro disponibile - Le irreversibilità nei processi di trasformazione - La qualità dell'energia - L'exergia.
2	Sistemi termodinamici omogenei: Sistemi chimicamente e fisicamente omogenei - Diagramma T-v - Diagramma P-v - diagramma P-T - La superficie P-v-T. Diagramma entropico (T-S) - Diagramma entalpico (H-S) - Diagramma pressione-entalpia (P-H) - Diagramma temperatura-entalpia (T-H) - Miscele bifasi di una sostanza pura - Proprietà termodinamiche dei liquidi, dei vapori saturi e dei vapori surriscaldati – Gas perfetti - Equazione di stato dei gas perfetti - Proprietà termodinamiche e trasformazioni dei gas perfetti.
2	Proprietà termodinamiche dei gas reali - Equazione di Van Der Waals ed altre equazioni di stato.
2	Sistemi a più componenti non reagenti in fase gassosa: Miscele di gas perfetti - Modelli di Dalton e Amagat - Miscele di gas e vapori - Elementi di psicrometria - Miscele di aria e vapor d'acqua - Umidità specifica e relativa - Grado di saturazione - Temperature di rugiada e di saturazione adiabatica - Diagrammi di Mollier e psicrometrico.
4	Trasmissione del calore per Conduzione: Legge di Fourier - Equazione generale della conduzione - Conduzione stazionaria ed in regime variabile - Conduzione monodimensionale stazionaria senza sorgente di calore: pareti piane, cilindriche e sferiche con conducibilità termica costante e variabile con la temperatura - Analogia elettrica - Coefficiente globale di scambio per geometrie piane, cilindriche e sferiche.

2	Trasmissione del calore per Convezione: Equazioni fondamentali del moto non isoterma - Strato limite termico - Convezione forzata, naturale e mista - Numeri di Nusselt, Prandtl e Grashof - Analisi dimensionale.
2	Trasmissione del calore per Irraggiamento: Radiazioni termiche - Coefficienti di riflessione, di trasmissione e di assorbimento - Corpo nero - Potere emissivo monocromatico, angolare ed integrale - Intensita' di radiazione - Leggi dell'irraggiamento: Legge di Stefan-Boltzmann - Leggi di Plank - Legge di Wien - Legge di Lambert - Corpi grigi e corpi reali - Emissivita' - Principio di Kirchhoff.
2	Contemporanea presenza di diverse modalita' di scambio - Coefficiente globale di scambio termico - Il trasferimento di massa ed il metodo Glaser - Diagramma di Glaser.

ORE	Esercitazioni
24	Esercitazioni riguardanti tutti gli argomenti trattati durante le lezioni frontali.

MODULO MODULO II

Prof.ssa MARIA LA GENNUSA

TESTI CONSIGLIATI

Per approfondire gli argomenti trattati durante il corso si consiglia di consultare i seguenti testi:

1. Carlo Pizzetti, "Condizionamento dell'aria e refrigerazione. Teoria e calcolo degli impianti", Casa Editrice Ambrosiana, 2004, ISBN: 8840811656;
2. Rodono' G., Volpes R., "Fisica Tecnica Vol. 1. - Trasmissione del calore, moto dei fluidi", Aracne 2011, EAN: 9788854843608, ISBN: 8854843601.

TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	10653-Attività formative affini o integrative
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	49
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE	26

OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO

Il corso si prefigge l'obiettivo di porgere le nozioni di base che consentano all'allievo di affrontare problemi di natura termodinamica e di trasmissione del calore maggiormente ricorrenti nella pratica progettuale.

In dettaglio:

- meccanica dei fluidi;
- proprieta' e trasformazioni dell'aria umida;
- impianti di potenza e refrigerazione a vapore ed a gas.

Il corso pone anche l'accento sulle metodiche di progettazione e controllo della qualita' ambientale degli spazi confinati.

Viene inoltre presentato un panorama delle tecnologie energetiche che, sia in ambito civile che industriale, fanno ricorso alle fonti rinnovabili.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	Impianti di potenza e refrigerazione: Cicli termodinamici a vapore: Ciclo di Carnot - Ciclo Rankine - Ciclo Hirn - Ciclo frigorifero - Ciclo frigorifero ad assorbimento - Pompa di calore.
2	Impianti di potenza a gas. Cicli motori a gas: Ciclo Otto - Ciclo Diesel - Confronto fra ciclo Otto e Diesel - Ciclo Joule - Ciclo di Stirling ed Ericsson - Ciclo di Brayton.
3	Elementi di fluidodinamica: Aspetti fisici del moto di un fluido - Moto laminare e turbolento - Viscosita' - Strato limite dinamico - Strato limite termico - Equazioni fondamentali del moto isoterma.
2	Controllo della qualita' ambientale degli spazi confinati: comfort termoigrometrico.
2	Proprieta' e trasformazioni dell'aria umida.
2	Condizionamento dell'aria.
ORE	Esercitazioni
12	Esercitazioni riguardanti tutti gli argomenti trattati durante le lezioni frontali