

Dipartimento: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA ENERGETICA E GESTIONALE (DIMEG)	
Corso di Laurea Magistrale: INGEGNERIA ENERGETICA	
Indirizzo Internet Corso di Laurea: http://www.unical.it/portale/strutture/dipartimenti_240/dimeg/didattica/cds/lmie/	
Nome insegnamento: IMPIANTI SOLARI	
Codice GISS: 27000354	
Condivisione: Nessuna	
Articolazione in moduli: Modulo I - Complementi di Trasmissione del calore (6 CFU) Modulo II - Sistemi Solari (6 CFU)	
Settore Scientifico Disciplinare: ING-IND/10	
Docente responsabile:	Prof. Mario A. Cucumo
Posizione docente responsabile:	Professore Ordinario
Crediti formativi universitari: 12	
Numero ore riservate attività didattiche assistite: 52 Modulo I: Complementi di Trasmissione del calore	Numero ore lezioni: 32
	Numero ore esercitazioni: 18
	Numero ore attività di laboratorio: 2
Numero ore riservate attività didattiche assistite: 54 Modulo II: Sistemi Solari	Numero ore lezioni: 32
	Numero ore esercitazioni: 16
	Numero ore attività di laboratorio: 6
Numero ore riservate studio individuale: Modulo I (N. 98) – Modulo II (N. 96)	
Lingua di insegnamento: Italiano	
Collocazione: I Anno, Modulo I (I Semestre) – Modulo II (II Semestre)	
Obiettivi formativi:	
Modulo I - Complementi di Trasmissione del calore Vengono ampliate ed approfondite le nozioni di scambio termico già impartite nel corso di Fisica Tecnica nell'ambito della laurea di I livello. Viene studiato lo scambio termico bifase (ebollizione e condensazione) necessario per la progettazione dei condensatori e dei generatori di vapore e vengono affrontati i principali problemi connessi all'Energetica dell'Edificio (interazioni termiche tra pareti ed ambiente circostante) indispensabili alla progettazione degli impianti termotecnici.	
Modulo II - Sistemi Solari Vengono fornite allo studente i principi e le nozioni fondamentali dell'energia solare, in modo da poter comprendere le problematiche connesse alle varie applicazioni di questa fonte di energia. Vengono illustrate le metodologie per la valutazione della radiazione incidente disponibile e per la valutazione dell'efficienza dei collettori termici e fotovoltaici. Vengono inoltre forniti i criteri di progettazione e di ottimizzazione economica relativi agli impianti finalizzati alla produzione di acqua calda sanitaria, al riscaldamento degli ambienti ed alla produzione di energia elettrica. Vengono trattati, infine, i sistemi passivi per il riscaldamento ed il raffrescamento degli edifici ed i metodi per stimarne le prestazioni energetiche.	
Argomenti delle lezioni:	
Modulo I – Complementi di Trasmissione del Calore	
1. Concetti principali (4 h)	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Meccanismi di scambio termico. ○ Equazioni di conservazione della massa, dell'energia e della quantità di moto nelle formulazioni a parametri concentrati, integrale e differenziale. 	
2. Conduzione termica in regime stazionario (2 h)	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Richiami sulla conduzione monodimensionale in geometria piana e cilindrica. ○ Conduzione monodimensionale in geometria sferica. Fattori di forma. ○ Conduzione bidimensionale con diverse condizioni al contorno. 	
3. Conduzione termica in regime variabile (6 h)	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Conduzione transitoria zerodimensionale. ○ Conduzione transitoria monodimensionale. ○ Conduzione transitoria bidimensionale e tridimensionale: diagrammi di Heisler e Gröber. ○ Conduzione transitoria in parete semi-infinita: analisi differenziale ed integrale. 	
4. Analisi numerica nei problemi di conduzione (4 h)	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Rappresentazione delle derivate prime e seconde per mezzo di differenze finite. ○ Trasformazione dell'equazione generale della conduzione in una equazione alle differenze finite. Formulazione delle condizioni al contorno. ○ Metodo esplicito. Criterio di stabilità della soluzione. Metodo implicito. ○ Metodi risolutivi e criteri di convergenza. Errori di arrotondamento e di troncamento. 	
5. La convezione termica (6 h)	
<ul style="list-style-type: none"> ○ Convezione forzata su piastra piana: analisi differenziale ed integrale dello strato limite idrodinamico e termico. ○ Analogia tra il trasporto della quantità di moto e del calore. ○ Scambio termico all'interno di tubi e condotti. 	

- Convezione naturale.
- Considerazioni energetiche sugli scambiatori di calore.
- 6. **Scambio termico in ebollizione** (3 h)
 - Caratteri generali dell'ebollizione.
 - Regimi di ebollizione in un liquido in quiete.
 - Ebollizione a nuclei.
 - Il fenomeno della crisi termica ed ebollizione a film.
 - Ebollizione in convezione forzata.
 - Cadute di pressione bifase.
- 7. **Scambio termico in condensazione** (3 h)
 - Caratteri generali della condensazione.
 - Condensazione a film su lastra verticale.
 - Condensazione a film su tubi orizzontali e banchi di tubi.
 - Cenni sulla condensazione a gocce.
- 8. **Scambi termici negli edifici** (4 h)
 - Scambi termici riguardanti le superfici esterne ed interne.
 - Convezione termica ed effetto del vento. Irraggiamento termico.
 - Bilancio termico di una parete opaca.
 - Bilancio termico di una parete trasparente.

Modulo II – Sistemi Solari

1. **La radiazione solare** (8 h)
 - Fisica del sole. La costante solare. Irraggiamento extratmosferico. Posizione del sole nella volta celeste. Ora solare vera. Equazione del tempo. Diagramma delle traiettorie solari. Analemme.
 - Massa d'aria relativa. Coefficiente di trasmissione atmosferico. Irraggiamento solare al suolo in giornate serene. Radiazione istantanea, oraria, giornaliera e giornaliera media mensile incidente su una superficie inclinata. Misura della radiazione solare.
2. **Collettori termici** (8 h)
 - Analisi termica dei collettori solari piani. Influenza della disuniformità di temperatura della piastra.
 - Fattore di efficienza del collettore. Fattore di rimozione del calore. Efficienza del collettore solare piano.
 - Collettori solari ad aria.
 - Impiego di superfici selettive.
 - Collettori tubolari.
 - Collettori a concentrazione.
 - Prove sperimentali sui collettori.
3. **Impianti solari convenzionali** (5 h)
 - Impianti solari ad acqua ed aria per la produzione di acqua calda sanitaria e per il riscaldamento.
 - Metodi di progettazione degli impianti solari.
 - Dimensionamento degli accumulatori di calore.
4. **Impianti fotovoltaici** (4 h)
 - Celle fotovoltaiche.
 - Curve caratteristiche dei generatori PV. Rendimento del collettore PV piano.
 - Stima del coefficiente di scambio termico del pannello.
 - Sima delle prestazioni di un campo fotovoltaico con il metodo di Siegel.
 - Pannelli a film sottile e pannelli termo-fotovoltaici (PV/T).
5. **Sistemi solari passivi** (4 h)
 - Sistemi a guadagno diretto.
 - Parete ad accumulo termico e parete Trombe.
 - Camino solare e sistema Barra-Costantini.
 - Serre solari.
 - Metodo SLR.
 - Cenni sui sistemi passivi per il raffrescamento.
6. **Valutazione economiche** (3 h)
 - Richiami di matematica finanziaria.
 - Metodi di analisi economica attualizzanti e non attualizzanti.
 - Criteri di ottimizzazione.
 - Ottimizzazione economica degli impianti solari.

Argomenti delle esercitazioni:

Modulo I – Complementi di Trasmissione del calore (16 h)

- Esercizi di ricapitolazione sulla conduzione monodimensionale stazionaria.
- Esercizi sulla conduzione zero, mono-, bi- e tridimensionale transitoria.
- Esercizi sulla parete semi-infinita: confronto tra la soluzione integrale e quella differenziale.
- Soluzione di un problema bidimensionale con il metodo delle differenze finite.
- Esercizi sulla convezione forzata su piastra ed all'interno di condotti.
- Esercizi sulla convezione naturale.

<ul style="list-style-type: none"> ○ Esercizi sull'ebollizione. ○ Esercizi sulla condensazione. 	
Modulo II – Sistemi Solari (16 h) <ul style="list-style-type: none"> ○ Traiettorie solari. Ombre. Analemme. ○ Modello di scomposizione di Liu e Jordan. Stima della radiazione oraria e giornaliera media mensile su superfici inclinate. ○ Progetto di un impianto solare per la produzione di acqua calda sanitaria con il metodo dei valori medi annuali. ○ Progetto di un impianto solare per la produzione di acqua calda sanitaria con il metodo della carta-f. ○ Stima dell'area ottima di un impianto solare con il metodo del costo globale attualizzato. ○ Progetto di un impianto fotovoltaico ed analisi delle prestazioni con il metodo di Siegel. ○ Dimensionamento e stima delle prestazioni di componenti passivi. 	
Argomenti delle attività di laboratorio:	
Modulo I – Complementi di Trasmissione del Calore (2 h) <ul style="list-style-type: none"> ○ Taratura di una termoresistenza. ○ Misure di temperature mediante termoresistenze e termocoppie. ○ Misure di flussi termici mediante termoflussimetri a piastra. 	
Modulo II – Sistemi Solari (6 h) <ul style="list-style-type: none"> ○ Visione degli strumenti di misura della radiazione solare e della luce. ○ Determinazione sperimentale della costante di tempo di un collettore termico. ○ Determinazione sperimentale dell'<i>Incidence Angle Modifier</i> (IAM) di un collettore termico. ○ Stima in campo del rendimento istantaneo di un impianto solare termico. ○ Stima in campo del rendimento istantaneo di un impianto PV e dell'inverter. 	
Modalità di frequenza: Obbligatoria	
Modalità di erogazione: Tradizionale: Lezioni frontali con l'ausilio della lavagna e mediante diapositive, utilizzando il PC ed il videoproiettore.	
Metodi di valutazione: - prova orale	
Testi di riferimento:	
Parte I – Complementi di Trasmissione del Calore <ul style="list-style-type: none"> ○ V. Marinelli - Note di Termotecnica - Ed. Pitagora, Bologna. ○ G. Guglielmini, C. Pisoni - Elementi di trasmissione del calore - Ed. Veschi, Milano. ○ Dispense. 	
Parte II – Sistemi Solari <ul style="list-style-type: none"> ○ M. Cucumo, V. Marinelli, G. Oliveti – Ingegneria Solare – Principi ed applicazioni - Pitagora Ed., Bologna. 	
Orario e aule lezioni:	http://www.unical.it/portale/strutture/dipartimenti_240/dimeg/didattica/cds/Imie/
Calendario prove valutazione:	ie/