



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2023/2024
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2023/2024
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE
<b>INSEGNAMENTO</b>	IMPIANTI TECNICI E TECNICA DEL FREDDO C.I.
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	23198
<b>MODULI</b>	Si
<b>NUMERO DI MODULI</b>	2
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ING-IND/10
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	PANNO DOMENICO      Professore Associato      Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	PANNO DOMENICO      Professore Associato      Univ. di PALERMO
<b>CFU</b>	15
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	1
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Annuale
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>PANNO DOMENICO</b> Martedì    09:30    10:30    Stanza T131 DEIM

<b>PREREQUISITI</b>	Nozioni di Fisica tecnica
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p><b>D.1: CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensIONE</b>  Il Corso mira all'acquisizione della conoscenza delle tecniche di esercizio dei sistemi di climatizzazione degli ambienti e degli impianti di refrigerazione. La verifica dell'acquisizione della conoscenza e della capacità di comprensione avverrà tramite un esame finale durante il quale lo studente dovrà esporre gli argomenti trattati nel corso e commentare le esercitazioni svolte.</p> <p><b>D.2: CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE</b>  Il Corso consente l'applicazione delle conoscenze e degli strumenti metodologici più idonei per lo studio dei diversi problemi correlati al funzionamento dei sistemi di climatizzazione degli ambienti e dei sistemi di refrigerazione per intervenire con specifica competenza nella scelta delle tecniche di esercizio dei suddetti impianti.  Per rendere più efficace la comprensione delle conoscenze teoriche, saranno svolte esercitazioni di pari passo con lo svolgimento del corso al termine del quale lo studente sarà pervenire alla formulazione analitica dei problemi suddetti ed in grado di applicare le tecniche risolutive specialistiche più consolidate. La verifica della conoscenza e capacità di comprensione applicate acquisite dallo studente avverrà, durante l'esame finale, tramite la discussione delle esercitazioni svolte e/o l'applicazione dei metodi descritti durante il corso.</p> <p><b>D.3: AUTONOMIA DI GIUDIZIO</b>  Il Corso mira a realizzare l'integrazione tra le conoscenze derivanti dallo studio delle altre discipline, di base e professionalizzanti, inserite nel Corso di Laurea triennale in Ingegneria dell'Energia in modo da permettere di gestire, in modo critico e autonomo, le scelte legate agli impianti di climatizzazione ai sistemi di refrigerazione.  L'acquisizione dell'autonomia di giudizio da parte dello studente sarà verificata, durante l'esame finale, tramite l'illustrazione critica delle scelte effettuate e il confronto di queste con altre opzioni possibili.</p> <p><b>D.4: ABILITA' COMUNICATIVE</b>  Il Corso consente di sviluppare l'abilità di comunicare, in modo chiaro, a qualsiasi tipo di interlocutore, le ragioni delle scelte di esercizio effettuate e il loro collegamento con le sottostanti conoscenze teoriche. Tale abilità sarà esercitata, durante le ore di esercitazione, attraverso l'esposizione e la discussione delle scelte effettuate da parte degli studenti. L'acquisizione delle abilità comunicative da parte dello studente sarà verificata, durante l'esame finale, anche tramite l'illustrazione delle esercitazioni svolte.</p> <p><b>D.5: CAPACITA' DI APPRENDIMENTO</b>  Il Corso mira a sviluppare le capacità di apprendimento che consentono di affrontare con autonomia l'attività professionale. Tale capacità sarà sviluppata sollecitando lo studente ad attingere in modo autonomo da fonti teoriche e d'informazione, diverse da quelle proposte durante il corso, attingendo a testi, normative, leggi, siti web, articoli scientifici, etc.  La capacità di apprendere sarà verificata nel corso dell'esame finale durante il quale lo studente darà prova della consapevolezza raggiunta e della capacità critica di analisi e sintesi degli aspetti teorici e applicativi della disciplina studiata</p>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p><b>MODALITA' DI ESAME:</b>  Prova orale.  La prova orale consiste in un colloquio, con domande a risposta aperta, sull'intero programma del corso; in particolare lo studente è chiamato a descrivere e commentare le esercitazioni svolte durante il corso.  Nella prova orale si valutano:  - conoscenza e comprensione dei contenuti del corso e capacità di applicare tali competenze a problematiche ed applicazioni in ambiti propri del corso e/o ad esso correlati;  - proprietà di linguaggio e chiarezza espositiva e di argomentazione; capacità di collegare e rielaborare le proprie conoscenze e di orientarsi e formulare giudizi in contesti disciplinari e/o interdisciplinari.  La prova è valutata in trentesimi.  Il voto minimo per superare la prova è 18/30.</p> <p><b>CRITERI DI VALUTAZIONE</b>  Per la prova orale, l'attribuzione del voto dipende dal livello complessivo dei risultati raggiunti. Gli elementi che concorrono alla formazione del voto sono riconducibili al seguente schema (vedi quadro dei risultati di apprendimento attesi, descrittori D.1-D.5).</p> <p>28-30 / 30 e lode  D.1/D.2: piena padronanza dei contenuti; assenza di errori; correzione di imprecisioni o integrazione delle risposte in autonomia; corretta e rigorosa impostazione dei problemi; soluzioni complete, corrette ed efficaci; elementi di</p>

	<p>originalità D.3/D.4/D.5: efficace rielaborazione delle conoscenze, autonomia e coerenza nell'orientarsi o esprimere giudizi in contesti disciplinari/interdisciplinari; ottima chiarezza espositiva, argomentazioni articolate; piena proprietà di linguaggio.</p> <p>24-27 D.1/D.2: buona padronanza dei contenuti; pochi lievi errori/omissioni, correzioni/integrazioni parzialmente guidate; buona impostazione dei problemi, soluzioni sostanzialmente corrette. D.3/D.4/D.5: buona coerenza nel collegare i concetti e nell'orientarsi in ambiti disciplinari o ad essi correlati; buona chiarezza nell'esposizione, corretta proprietà di linguaggio.</p> <p>18-23 D.1/D.2: sufficiente conoscenza dei contenuti, accettabile approccio ai problemi, soluzioni complessivamente adeguate; limitata autonomia, errori/omissioni non gravi; D.3/D.4/D.5: coerenza nell'orientarsi e collegare i concetti in ambito disciplinare, sebbene in modo incerto e guidato; sufficiente proprietà di linguaggio, esposizione accettabile.</p> <p>inferiore a 18 (voto non attribuito) D.1-D.5: risultati di apprendimento non sufficienti.</p>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	<p>Lezioni frontali ed esercitazioni. Le suddette attività sono organizzate in modo da agevolare il raggiungimento dei risultati di apprendimento attesi (D.1-D.5 dell'omonimo quadro). In dettaglio, i contenuti del corso vengono offerti attraverso lezioni frontali, esercitazioni guidate, dando rilievo agli aspetti applicativi e alla sinergia tra i diversi argomenti (D.1), e vengono via via applicati per la soluzione delle problematiche oggetto di studio, stimolando così lo sviluppo delle capacità di applicazione delle conoscenze e abilità acquisite (D.2). Durante le lezioni, in parte dialogate e interattive, nonché in occasione delle esercitazioni, lo studente è chiamato ad analizzare in modo critico le problematiche proposte, sviluppando così le proprie capacità di analisi e autonomia di giudizio (D.3). Contestualmente lo studente è incentivato a sviluppare capacità comunicative, di argomentazione e proprietà di linguaggio (D.4), attraverso le diverse occasioni di interazione e dialogo con il docente e gli altri studenti. L'insieme delle attività del corso concorrono infine allo sviluppo delle capacità di apprendimento, attraverso la rielaborazione delle conoscenze acquisite, i riferimenti ad applicazioni reali e interdisciplinari e lo stimolo ad affrontare nuovi problemi in autonomia (D.5).</p>

**MODULO  
IMPIANTI TECNICI**

Prof. DOMENICO PANNO

**TESTI CONSIGLIATI**

C. Pizzetti "Condizionamento dell'aria e refrigerazione", Masson Italia Editori - ISBN 9788840811659

A. Briganti "Manuale della climatizzazione", Tecniche Nuove - ISBN-13 : 978-8848111331

A. Briganti "Il Condizionamento dell'aria", Tecniche Nuove - ISBN-13 : 978-8848118835

Normativa tecnica UNI

Materiale didattico messo a disposizione durante il corso

<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	B
<b>AMBITO</b>	50367-Ingegneria energetica e nucleare
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	144
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE</b>	81

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO**

Il corso si prefigge di fornire le conoscenze che sono alla base della moderna progettazione, energeticamente orientata ed economicamente sostenibile, degli impianti di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione degli edifici.

**PROGRAMMA**

<b>ORE</b>	<b>Lezioni</b>
1	Presentazione del corso e degli ausili didattici.
3	Elementi di psicrometria. Psicrometria. Aria umida. Saturazione. Definizioni dell'umidità. Temperatura di rugiada. Entalpia dell'aria umida. Temperatura di saturazione adiabatica. Temperatura di bulbo umido. Misura della temperatura. Misura dell'umidità. Diagramma psicrometrico. Diagramma ASHRAE. Principali trasformazioni psicrometriche.
3	Richiami sulle condizioni ambientali per il benessere, il benessere termo-igrometrico, il bilancio energetico del corpo umano, la termoregolazione del corpo umano, le condizioni per il benessere termo-igrometrico, la previsione del benessere termico, gli indici ambientali, l'equazione di Fanger, gli indici di comfort e gli indici di sensazione. Le condizioni ambientali di progetto.
7	I carichi termici invernali. Il calcolo termico invernale. Temperature di progetto. Trasmissione termica degli elementi , perimetrali. Trasmissione termica delle finestre. semplici. Trasmissione termica delle finestre doppie. Trasmissione termica delle vetrate. Dispersione termica totale per uno spazio riscaldato. Dispersioni termiche direttamente verso l'esterno. Dispersioni termiche attraverso uno spazio non riscaldato. Dispersioni termiche attraverso il terreno. Dispersioni termiche verso o da spazi riscaldati a temperature diverse. Dispersioni termiche per ventilazione. Spazi riscaldati in modo intermittente. Carico termico di progetto.
4	I carichi termici estivi. Il calcolo termico estivo. Rientrate di calore per radiazione solare dalle finestre. Rientrate di calore per trasmissione attraverso l'involucro edilizio. Carichi termici interni. Infiltrazioni d'aria.
10	Le tipologie impiantistiche. Classificazione degli impianti di climatizzazione. Gli impianti a tutta aria. Impianti a tutta aria per zona singola. Impianti a un solo canale per zone multiple. Impianto a doppio canale. Impianto multizona. Impianto a doppio condotto. Gli impianti ad aria-acqua. Impianto a ventilconvettori e aria primaria. Impianto a ventilconvettori e aria primaria. Impianto a induttori e aria primaria. Impianto a elementi radianti e pannelli. Impianti a espansione diretta del fluido refrigerante. Criteri di scelta del tipo di impianto di condizionamento.
5	La qualità dell'aria. Contaminanti dell'aria. Qualità dell'aria negli ambienti confinati. Meccanismi di ricambio dell'aria. La ventilazione. Moto dell'aria in un ambiente. Normativa italiana sulla ventilazione. La filtrazione dell'aria. Tipi di filtri. Scelta del tipo di filtro.

5	Il trattamento dell'aria. L'uso dell'aria come fluido termovettore. Le unita' di trattamento dell'aria. I trattamenti dell'aria. Miscelazione dell'aria. Riscaldamento e raffreddamento dell'aria. Umidificazione dell'aria. Deumidificazione dell'aria. Compensazione dei carichi termici dell'ambiente. Climatizzazione estiva a tutta aria. Climatizzazione invernale a tutta aria.
5	La diffusione dell'aria. La distribuzione dell'aria nell'ambiente. Sistemi completamente miscelati. Classificazione dei diffusori. Prestazione di un sistema di diffusione dell'aria. Sistemi completamente stratificati. Sistemi parzialmente miscelati. Tipi di terminali per la distribuzione dell'aria. Scelta e collocazione delle griglie di aspirazione.
5	I canali dell'aria. L'equazione di Bernoulli. Perdite di energia per attrito. Perdite dinamiche di energia. Scelta del ventilatore. Realizzazione dei canali. Metodi di progettazione dei canali. Accorgimenti costruttivi. Isolamento termico dei canali.
9	Il calcolo delle tubazioni. I circuiti idraulici. I materiali per i circuiti idraulici. L'equazione di Bernoulli. Perdite di energia per attrito. Perdite dinamiche di energia. Scelta della pompa di circolazione. Componenti dei circuiti idraulici. Vasi di espansione. Disareazione delle tubazioni. Installazione delle tubazioni. Isolamento termico delle tubazioni.
8	Le centrali termo-frigorifere. Generatori di calore a combustione. Gruppi frigoriferi. Gruppi frigoriferi a compressione. Gruppi frigoriferi ad assorbimento. Pompe di calore. Torri di raffreddamento e condensatori remoti. Schemi di impianto. La regolazione degli impianti di condizionamento.
4	La regolazione automatica. Tipi di controllo. Sensori. Controllori. Componenti controllati e attuatori. Schemi tipici di regolazione.
<b>ORE</b>	<b>Esercitazioni</b>
4	Esercitazione sul trattamento dell'aria.
5	Esercitazione sul dimensionamento dei canali dell'aria.
3	Esercitazione sul dimensionamento di un circuito idraulico.

**MODULO  
TECNICA DEL FREDDO**

*Prof. DOMENICO PANNO*

**TESTI CONSIGLIATI**

1. U. Sellerio - Lezioni di Tecnica del Freddo. Edizione Sistema - Roma.
2. E. Bonaguri, D. Miari: Tecnica del Freddo - Hoepli - Milano. ISBN: 8820310228
3. R. J. Dossat: Principles of Refrigeration - PEARSON INDIA. ISBN-10 : 9788177588811
4. G. Grazzini, A. Milazzo: Tecnica del Freddo - Esculapio. ISBN-10 : 8874889968
4. Dispense del docente

<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	B
<b>AMBITO</b>	50367-Ingegneria energetica e nucleare
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	96
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE</b>	54

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO**

Obiettivo del corso e' approfondire alcune tematiche inerenti le tecniche di produzione del freddo artificiale, con particolare riferimento ai criteri che stanno alla base della progettazione e dell'esercizio dei sistemi.  
Lo studente, al termine del corso, avra' acquisito conoscenze e metodologie adeguate per la progettazione degli impianti frigoriferi. Sara' in grado di valutare criticamente i risultati dei calcoli eseguiti, al fine di individuare la scelta ottimale dell'impianto frigorifero, in funzione della specifica applicazione.  
Lo studente sara' in grado di svolgere attivita' di consulenza al fine di indirizzare le scelte impiantistiche nel settore del freddo, in modo corretto da un punto di vista energetico ed ambientale.

**PROGRAMMA**

<b>ORE</b>	<b>Lezioni</b>
3	Introduzione alla tecnica del freddo, origini ed evoluzione della produzione artificiale di freddo
3	Principali settori di impiego ed applicazione del freddo.
10	Cicli termodinamici inversi per la produzione di freddo. Macchine frigorifere a compressione di vapore. Cicli monostadio e bistadio. Soluzioni impiantistiche e confronto fra le diverse tipologie.
8	Fluidi frigoriferi: proprietà, criteri di scelta e di impiego. Fluidi naturali e fluidi sintetici. Azioni dei fluidi frigoriferi nei confronti dell'ambiente. Parametri di valutazione dei fluidi frigoriferi. Legislazione vigente.
6	I principali componenti delle macchine frigorifere: compressori, condensatori, evaporatori, organi di laminazione, apparecchiature ausiliarie.
3	Macchine frigorifere ad aria; analisi di vantaggi e svantaggi rispetto alle macchine frigorifere a compressione di vapore.
8	I sistemi ad assorbimento. Macchine frigorifere ad assorbimento acqua-ammoniaca. Bilanci di energia e bilanci di massa. Calcolo delle macchine ad assorbimento. Macchine frigorifere ad assorbimento a soluzione acquosa di bromuro di litio.
2	Cenni sulle pompe di calore.

  

<b>ORE</b>	<b>Esercitazioni</b>
6	Cicli termodinamici inversi; macchine ad assorbimento; dimensionamento dei componenti delle macchine frigorifere

  

<b>ORE</b>	<b>Laboratori</b>
5	Rilevamento in campo dei principali parametri di funzionamento di un impianto frigorifero e calcolo del coefficiente di effetto utile.