



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

|                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>DIPARTIMENTO</b>                                     | Ingegneria                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>                          | 2019/2020                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>                       | 2019/2020                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>                        | INGEGNERIA ENERGETICA E NUCLEARE                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>INSEGNAMENTO</b>                                     | IMPIANTI TECNICI                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>TIPO DI ATTIVITA'</b>                                | B                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>AMBITO</b>                                           | 50367-Ingegneria energetica e nucleare                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>CODICE INSEGNAMENTO</b>                              | 03884                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>                 | ING-IND/11                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>DOCENTE RESPONSABILE</b>                             | ORIOLO ALDO                      Professore Ordinario                      Univ. di PALERMO                                                                                                                                                                        |
| <b>ALTRI DOCENTI</b>                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>CFU</b>                                              | 9                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>    | 144                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b> | 81                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>PROPEDEUTICITA'</b>                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>MUTUAZIONI</b>                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>ANNO DI CORSO</b>                                    | 1                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>                            | 1° semestre                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>                           | Facoltativa                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>                              | Voto in trentesimi                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>             | <b>ORIOLO ALDO</b><br>Lunedì    12:00   13:00   DEIM - Stanza T206<br>Martedì   12:00   13:00   DEIM - Stanza T206<br>Mercoledì 12:00   13:00   DEIM - Stanza T206<br>Giovedì   12:00   13:00   DEIM - Stanza T206<br>Venerdì   12:00   13:00   DEIM - Stanza T206 |

**DOCENTE:** Prof. ALDO ORIOLI

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PREREQUISITI</b>                      | Il corso si prefigge di fornire le necessarie conoscenze per la moderna progettazione, energeticamente orientata ed economicamente sostenibile, degli impianti di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione degli edifici.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b> | <p>Conoscenza e capacita' di comprensione.</p> <p>Il corso mira all'acquisizione delle conoscenze di base della progettazione degli impianti di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione degli edifici. La verifica dell'acquisizione della conoscenza e della capacita' di comprensione avverra' tramite un esame finale durante il quale lo studente dovra' esporre gli argomenti trattati nel corso.</p> <p>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione.</p> <p>Il corso consente l'applicazione delle conoscenze e degli strumenti metodologici per intervenire con specifica competenza sugli impianti di riscaldamento, raffrescamento e ventilazione degli edifici.</p> <p>Autonomia di giudizio.</p> <p>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 in modo da permettere di gestire, in modo critico e autonomo, le scelte legate alla complessita' del processo progettuale. Lo studente sara' in grado di selezionare le soluzioni progettuali piu' opportune tenendo nella dovuta considerazione le ricadute etiche e sociali legate a scelte energetiche ed economiche che non dovessero seguire le regole della buona tecnica dettate dalle conoscenze acquisite. L'acquisizione dell'autonomia di giudizio da parte dello studente sara' verificata, durante l'esame finale, tramite l'illustrazione critica delle scelte progettuali effettuate e il confronto di queste con altre opzioni possibili.</p> <p>Abilita' comunicative.</p> <p>Lo studente sara' in grado di comunicare con competenza e proprieta' di linguaggio a proposito delle leggi fisiche riguardanti l'utilizzazione dell'energia termica e i criteri di scelta di un impianto di climatizzazione.</p> <p>Capacita' di apprendimento.</p> <p>La capacita' di apprendere sara' verificata nel corso dell'esame finale durante il quale lo studente dara' prova della consapevolezza raggiunta e della capacita' critica di analisi e sintesi degli aspetti teorici e applicativi della disciplina studiata.</p> |
| <b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>    | <p>La verifica dell'apprendimento avverra' durante un unico esame orale durante il quale lo studente dovra' rispondere ad almeno quattro domande riguardanti le parti oggetto del programma. L'esame mira a verificare:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-il livello di comprensione e conoscenza dei contenuti dell'insegnamento;</li><li>-la capacita' di applicare le conoscenze acquisite, con competenza, coerenza, efficacia ed autonomia di giudizio, alla risoluzione di problematiche inerenti all'insegnamento;</li><li>-la chiarezza e proprieta' di linguaggio nell'esporre gli argomenti della materia.</li></ul> <p>La valutazione si basa sul seguente criterio:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Eccellente, voto 30 - 30 e lode: lo studente possiede ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprieta' di linguaggio, buona capacita' analitica, ed e' in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti.</li><li>-Molto buono, voto 26 - 29 : lo studente ha buona padronanza degli argomenti, piena proprieta' di linguaggio ed e' in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti.</li><li>-Buono, voto 24 – 25: lo studente possiede la conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprieta' di linguaggio, e mostra limitata capacita' di applicare autonomamente le conoscenze alla soluzione dei problemi proposti.</li><li>-Soddisfacente, voto 21 – 23: Lo studente non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento, ma ne possiede le conoscenze, ha soddisfacente proprieta' linguaggio ma scarsa capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite.</li><li>-Sufficiente, voto 18 – 20: Lo studente possiede la minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima o nulla capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite.</li><li>-Insufficiente, voto meno di 18 : Lo studente non possiede una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento.</li></ul>                          |
| <b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>               | 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>    | Il corso prevede lezioni frontali ed esercitazioni.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>TESTI CONSIGLIATI</b>                 | <p>C. Pizzetti "Condizionamento dell'aria e refrigerazione", Masson Italia Editori</p> <p>A. Briganti "Manuale della climatizzazione", Tecniche Nuove</p> <p>A. Briganti "Il Condizionamento dell'aria", Tecniche Nuove</p> <p>Normativa tecnica UNI</p> <p>Materiale didattico messo a disposizione durante il corso</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

### PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                           |
|-----|---------------------------------------------------|
| 1   | Presentazione del corso e degli ausili didattici. |

## PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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. Trasmittanza termica degli elementi perimetrali. Trasmittanza termica delle finestre semplici. Trasmittanza termica delle finestre doppie. Trasmittanza 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14  | 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 a 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 unità 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.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ORE | Esercitazioni                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2   | Esercitazione sul trattamento dell'aria.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 5   | Esercitazione sul dimensionamento dei canali dell'aria.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 1   | Esercitazione sul dimensionamento di un circuito idraulico.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |