# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

| | | | |
|---|---|---|---|
| **DIPARTIMENTO** | Ingegneria | | |
| **ANNO ACCADEMICO OFFERTA** | 2019/2020 | | |
| **ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE** | 2020/2021 | | |
| **CORSO DILAUREA** | INGEGNERIA BIOMEDICA | | |
| **INSEGNAMENTO** | FENOMENI DI TRASPORTO E TERMODINAMICA | | |
| **TIPO DI ATTIVITA'** | B | | |
| **AMBITO** | 50297-Ingegneria chimica | | |
| **CODICE INSEGNAMENTO** | 18409 | | |
| **SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI** | ING-IND/24 | | |
| **DOCENTE RESPONSABILE** | CARFI' PAVIA FRANCESCO | Ricercatore a tempo determinato | Univ. di PALERMO |
| **ALTRI DOCENTI** | | | |
| **CFU** | 9 | | |
| **NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE** | 144 | | |
| **NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA** | 81 | | |
| **PROPEDEUTICITA'** | | | |
| **MUTUAZIONI** | | | |
| **ANNO DI CORSO** | 2 | | |
| **PERIODO DELLE LEZIONI** | 1° semestre | | |
| **MODALITA' DI FREQUENZA** | Facoltativa | | |
| **TIPO DI VALUTAZIONE** | Voto in trentesimi | | |
| **ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI** | | | |

**DOCENTE:** Prof. FRANCESCO CARFI' PAVIA

| | |
|---|---|
| **PREREQUISITI** | Conoscenze consolidate di algebra matematica, funzioni di una o più variabili, calcolo infinitesimale, meccanica, chimica, equilibri fra fasi e diagrammi di stato |
| **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI** | Conoscenza e capacita' di comprensione<br>- Lo studente al termine del Corso avra' una conoscenza fondamentale della termodinamica degli equilibri e delle problematiche inerenti i fenomeni di trasporto nonche' sull'uso di equazioni semplificate per la fluidodinamica. Sara' inoltre capace di effettuare valutazioni di coefficienti di scambio e di applicare bilanci di materia, energia e quantita' di moto alle apparecchiature ed ai sistemi biologici.<br><br>Capacita' di applicare conoscenza e comprensione<br>- Lo studente sara' in grado di selezionare ed usare le relazioni di base per progettare le apparecchiature ed i processi biomedici.<br><br>Autonomia di giudizio<br>- Lo studente sara' in grado di valutare autonomamente:<br>l'applicabilita' di una determinata relazione funzionale ad un problema termodinamico o di trasporto;<br>la affidabilita' ed i limiti di confidenza dei risultati;<br><br>Abilita' comunicative<br>- Lo studente acquisira' la capacita' di comunicare ed esprimere problematiche inerenti gli argomenti del corso. Sara' in grado di esporre propriamente tematiche relative alla termodinamica ed ai diversi fenomeni di trasporto, facendo ricorso alla terminologia tecnica e agli strumenti della rappresentazione matematica inerente.<br><br>Capacita' d'apprendimento<br>- Lo studente avra' appreso i principi fondamentali su cui si basano la termodinamica ed i fenomeni di trasporto. Si dotera' di uno strumento fondamentale come quello dei bilanci per la risoluzione di problemi anche complessi.<br>- Avra' inoltre compreso la differenza tra un approccio qualitativo e quantitativo alla progettazione di apparecchiature e processi biomedici. |
| **VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO** | La valutazione verra' effettuata sulla base di una prova scritta propedeutica ad una orale secondo gli indicatori, descrittori e fasce di voti secondo la tabella seguente:<br><br>Indicatore - Conoscenza e padronanza dei contenuti disciplinari<br>Descrittori e fascia voti:<br>Eccellente 10<br>Autonoma e efficace8-9<br>Accettabile 6-7<br>Frammentaria o in parte approssimativa4-5<br>Inadeguata 8-9<br><br>Indicatore - Capacita' di applicazione, rigore, coerenza logico-tematica<br>Descrittori e fascia voti:<br>Eccellente 10<br>Decisamente adeguata 8-9<br>Accettabile anche se parzialmente guidata 6-7<br>Limitata 4-5<br>Inadeguata 0-3<br><br>Indicatore - Espressione e terminologia, capacita' di rielaborazione e di collegamento multidisciplinare<br>Descrittori e fascia voti:<br>Eccellente 10<br>Efficace ed articolata 8-9<br>Complessivamente soddisfacente6-7<br>Incerta ed approssimativa 4-5<br>Inadeguata 0-3 |
| **OBIETTIVI FORMATIVI** | Il corso ha come obiettivo specifico quello di formare degli esperti in attivita' professionali di ingegneria biomedica. Nell'ambito di questo corso infatti vengono poste le basi indispensabili alla comprensione delle problematiche di gestione e di sviluppo delle apparecchiature ed i processi biomedicali |
| **ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA** | Lezioni frontali, esercitazioni frontali con calcoli numerici in classe |
| **TESTI CONSIGLIATI** | R. Mauri – Fenomeni di trasporto. – Pisa University Press; 3 edizione (9 luglio 2014), ISBN: 978-8867413522<br><br>J.M. Smith, H.C. Van Ness, Introduction to chemical engineering thermodynamics, McGraw-Hill international, ISBN: 978-0071247085 |

| | |
|---|---|
| | Claus Borgnakke, Richard E. Sonntag - Fundamentals of Thermodynamics, 8th Edition - Wiley, 2012 - ISBN: 1118476581, 9781118476581<br><br>Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera - Fundamentals of Heat and Mass Transfer, 7th Edition - John Wiley & Sons, Incorporated, 2011 - ISBN: 1118137256, 9781118137253 |

## PROGRAMMA

| ORE | Lezioni |
|---|---|
| 2 | Struttura del corso. Testi consigliati. Unita' di misura e dimensioni; consistenza dimensionale; conversioni di unita' di misura; definizione di fluido; densita' dei fluidi; pressione; forze ed equilibrio meccanico |
| 3 | Principio di Bilancio. Equazione generale per i bilanci di materia. Bilanci di materia in stato non stazionario |
| 3 | Lavoro, Calore ed Energia. Temperatura e scale di Temperatura, grandezze intensive ed estensive, sistemi chiusi ed aperti, stato termodinamico e variabili di stato |
| 3 | Sostanze pure, miscele e soluzioni. Proprieta' volumetriche (PVT) delle sostanze pure. Diagrammi P/T e P/V PV/P. Punto critico. Equazioni di stato per sostanze pure; equazione di stato per i gas ideali, equazione di Van der Waals, equazione di stato del virale, fattore di compressibilita. Coefficienti di espansione volumetrica termica e di pressione |
| 3 | Primo principio della termodinamica, formulazione per sistemi chiusi, energia interna ed entalpia, trasformazioni a temperatura costante, a volume costante, a pressione costante, calori specifici, definizione di gas ideale |
| 2 | Termofisica: transizioni di fase e H di transizione per sostanze pure. Bilancio di energia su sistemi chiusi |
| 3 | Trasformazioni reversibili, equilibrio e secondo principio della termodinamica. Cicli termodinamici. Definizione di entropia, formulazione matematica del secondo principio. Definizione e proprieta' rilevanti dell'energia libera di Gibbs |
| 3 | Proprieta' termodinamiche di fluidi puri reali, principio degli stati corrispondenti. Equilibrio fra fasi, equazione di Claperyron, equazione di Antoine. Definizione di fugacita' di componenti puri e di sistemi a composizione costante, condizioni di equilibrio fra fasi pure in termini di fugacita. Calcolo della fugacita' di componenti puri gassosi e liquidi a partire dalle condizioni ridotte e da equazioni di stato generalizzate |
| 3 | Proprieta' termodinamiche di miscele di gas ideali. Soluzioni ideali e loro proprieta' termodinamiche. Equilibrio tra fasi a composizione variabile ideali e legge di Raoult, diagrammi di fase. Calcoli di punto di rugiada, punto di ebollizione e composizioni di equilibrio liquido-vapore per sistemi ideali |
| 2 | Sistemi a composizione variabile non ideali, proprieta' parziali molari, fugacita' di un componente in miscela, attivita. Stati di riferimento, legge di Henry, regola delle fasi. Proprieta' colligative e pressione osmotica |
| 3 | Bilanci di materia in stato stazionario: esempi e applicazioni. Elementi di meccanica dei continui, definizione di sforzo; definizione di fluido; densita' dei fluidi. Statica dei fluidi; definizione di pressione; variazioni di pressione in un fluido incomprimibile in quiete |
| 4 | Dinamica dei fluidi; legge di Newton della viscosità; fluidi non newtoniani; moto dei fluidi nei tubi; equazione di Bernoulli; esperienza di Reynolds; regimi di moto; coefficienti d'attrito per moto entro tubi |
| 4 | Forze agenti su oggetti sommersi; Velocita' terminale di oggetti sommersi |
| 4 | Trasporto di calore; meccanismi di trasporto dell'energia termica, unita' di misura; trasporto di calore per conduzione; conduzione del calore in geometrie piana e in geometria cilindrica |
| 4 | Bilancio di energia in sistemi aperti; profilo di temperatura in tubo a Tp costante attraversato da un fluido |
| 4 | Composizione in serie di resistenze, convezione forzata; sfere; cilindri indefiniti di varie forme |
| 4 | Trasporto di materia, legge di Fick; coefficienti di scambio, analogia di Chilton-Colburn, composizione di resistenze in serie |

| ORE | Esercitazioni |
|---|---|
| 27 | Esercitazioni numeriche sugli argomenti del corso |