



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria		
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2020/2021		
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2021/2022		
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 capacità di comprensione - Lo studente al termine del Corso avrà una conoscenza fondamentale della termodinamica degli equilibri e delle problematiche inerenti i fenomeni di trasporto nonché sull'uso di equazioni semplificate per la fluidodinamica. Sarà inoltre capace di effettuare valutazioni di coefficienti di scambio e di applicare bilanci di materia, energia e quantità di moto alle apparecchiature ed ai sistemi biologici. Capacità di applicare conoscenza e comprensione - Lo studente sarà in grado di selezionare ed usare le relazioni di base per progettare le apparecchiature ed i processi biomedici. Autonomia di giudizio - Lo studente sarà in grado di valutare autonomamente: l'applicabilità di una determinata relazione funzionale ad un problema termodinamico o di trasporto; la affidabilità ed i limiti di confidenza dei risultati; Abilità comunicative - Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti gli argomenti del corso. Sarà 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. Capacità d'apprendimento - Lo studente avrà appreso i principi fondamentali su cui si basano la termodinamica ed i fenomeni di trasporto. Si doterà di uno strumento fondamentale come quello dei bilanci per la risoluzione di problemi anche complessi. - Avrà inoltre compreso la differenza tra un approccio qualitativo e quantitativo alla progettazione di apparecchiature e processi biomedici.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	La valutazione verrà effettuata sulla base di una prova scritta propedeutica ad una orale secondo gli indicatori, descrittori e fasce di voti secondo la tabella seguente: Indicatore - Conoscenza e padronanza dei contenuti disciplinari Descrittori e fascia voti: Eccellente 10 Autonoma e efficace 8-9 Accettabile 6-7 Frammentaria o in parte approssimativa 4-5 Inadeguata 0-3 Indicatore - Capacità di applicazione, rigore, coerenza logico-tematica Descrittori e fascia voti: Eccellente 10 Decisamente adeguata 8-9 Accettabile anche se parzialmente guidata 6-7 Limitata 4-5 Inadeguata 0-3 Indicatore - Espressione e terminologia, capacità di rielaborazione e di collegamento multidisciplinare Descrittori e fascia voti: Eccellente 10 Efficace ed articolata 8-9 Complessivamente soddisfacente 6-7 Incerta ed approssimativa 4-5 Inadeguata 0-3
OBIETTIVI FORMATIVI	Il corso ha come obiettivo specifico quello di formare degli esperti in attività 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 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 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. Unità di misura e dimensioni; consistenza dimensionale; conversioni di unità di misura; definizione di fluido; densità 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. Proprietà volumetriche (PVT) delle sostanze pure. Diagrammi P/T e P/V P/V/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 compressibilità. 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 proprietà rilevanti dell'energia libera di Gibbs
3	Proprietà termodinamiche di fluidi puri reali, principio degli stati corrispondenti. Equilibrio fra fasi, equazione di Claperyron, equazione di Antoine. Definizione di fugacità di componenti puri e di sistemi a composizione costante, condizioni di equilibrio fra fasi pure in termini di fugacità. Calcolo della fugacità di componenti puri gassosi e liquidi a partire dalle condizioni ridotte e da equazioni di stato generalizzate
3	Proprietà termodinamiche di miscele di gas ideali. Soluzioni ideali e loro proprietà 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, proprietà parziali molari, fugacità di un componente in miscela, attività. Stati di riferimento, legge di Henry, regola delle fasi. Proprietà 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; densità dei fluidi. Statica dei fluidi; definizione di pressione; variazioni di pressione in un fluido incompressibile 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; Velocità terminale di oggetti sommersi
4	Trasporto di calore; meccanismi di trasporto dell'energia termica, unità 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 T _p 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