



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2022/2023
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2023/2024
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	BRUCATO VALERIO Professore Ordinario Univ. di PALERMO MARIA BARTOLO
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	BRUCATO VALERIO MARIA BARTOLO Martedì 14:00 15:00 Studio del docente, Viale delle Scienze, Edificio 6, Stanza 3019, Palermo Mercoledì 14:00 15:00 Studio del docente, Viale delle Scienze, Edificio 6, Stanza 3019, Palermo Giovedì 14:00 15:00 Studio del docente, Viale delle Scienze, Edificio 6, Stanza 3019, Palermo

DOCENTE: Prof. VALERIO MARIA BARTOLO BRUCATO

PREREQUISITI	Conoscenze consolidate di algebra matematica, funzioni di una o più variabili, calcolo infinitesimale, meccanica, chimica.
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 semplici calcoli idrostatici, 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 e, previa ammissione, di 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 Eitante 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, esercitazioni con calcoli numerici in classe.
TESTI CONSIGLIATI	J.M. Smith, H.C. Van Ness, Introduction to chemical engineering thermodynamics, McGraw-Hill international, ISBN: 978-0071247085 Transport Phenomena R. Byron Bird, Warren E. Stewart, e al., Transport Phenomena Edizione Inglese, John Wiley & Sons Inc, ISBN: 0470115394 Bird R.B., Stewart W.E., Lightfoot E.N., Fenomeni di trasporto, Casa Editrice Ambrosiana, Milano (1970), ISBN: 978-8808080622 R. Mauri – Fenomeni di trasporto, Pisa University Press; 3 edizione (9 luglio 2014), ISBN: 978-8867413522 R. Mauri – Transport Phenomena in Multiphase Flow, Springer, ISBN: 978-3319157924

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
3	Struttura del corso. 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 scala di Temperatura basata sulla legge dei gas ideali, 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 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 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.
3	Termofisica: transizioni di fase e ΔH di transizione per sostanze pure. Bilancio di energia su sistemi chiusi.
4	Trasformazioni reversibili, equilibrio e secondo principio della termodinamica. Definizione di entropia, formulazione matematica del secondo principio. Definizione e proprietà rilevanti dell'energia libera di Helmholtz e di Gibbs.
4	Principali relazioni fra i potenziali termodinamici ed espressioni per gas ideali. Proprietà termodinamiche di fluidi puri reali, principio degli stati corrispondenti. Equilibrio fra fasi, equazione di Clapeyron, 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.
4	Espressione dell'energia libera di Gibbs per sistemi a composizione variabile. Definizione di pressione parziale. Entropia di miscelazione e 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.
3	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. 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
3	Dinamica dei fluidi; legge di Newton della viscosità. Fluidi non newtoniani. Moto laminare dei fluidi nei tubi; esperienza di Reynolds; regimi di moto; coefficienti d'attrito per moto entro tubi, numero di Reynolds e correlazioni.
3	Forze agenti su oggetti sommersi; Velocità terminale di oggetti sommersi. Trasporto di calore; conduzione e legge di Fourier, unità di misura; conduzione del calore in geometrie piana e in geometria cilindrica.
3	Trasporto di calore; conduzione e legge di Fourier, unità di misura; conduzione del calore in geometrie piana e in geometria cilindrica. Trasporto di calore radiante.
3	Convezione forzata e naturale, Composizione in serie di resistenze in geometria piana e cilindrica. Bilancio di energia in sistemi aperti; profilo di temperatura in tubo a T_p costante attraversato da un fluido. Equazione di Bernoulli.
3	Teorema di Buckingham. Numeri di Nusselt e Prandtl. Correlazioni per il trasporto di calore convettivo. Trasporto di calore non stazionario a parametri concentrati.
3	Trasporto di materia, legge di Fick; coefficienti di scambio convettivo di materia, analogia di Chilton-Colburn, numeri di Sherwood e di Schmidt, composizione di resistenze in serie.
ORE	Esercitazioni
27	Esercitazioni numeriche sugli argomenti del corso.