

---

# Termofluidodinamica applicata

## Finalità

Rendere lo studente familiare con le applicazioni dei fenomeni di trasporto che interessano le applicazioni ingegneristiche, con particolare riferimento all'industria alimentare.

Si veda anche la pagina web del docente relativa al corso in esame: <http://pcfarina.eng.unipr.it/TFD-2010.htm>

## Programma

<ul>

<li>Trasporto di materia. Legge di Fick. Coefficiente di diffusione di materia. Equazione di conservazione per una singola specie chimica in miscele binarie. Forma adimensionale dell'equazione. Il numero di Schmidt. Numero di Sherwood. Strato limite di concentrazione. La diffusione del vapore nelle pareti multistrato - condensazione interstiziale (diagramma di Glaser)</li>

<li>Analogia tra trasporto di energia, materia e quantità di moto. Analogia di Reynolds. Analogia di Chilton Colburn. Simultaneo trasporto di materia ed energia. Raffreddamento evaporativo. Processo di saturazione adiabatica. Teoria e pratica dello psicrometro. Il diagramma psicrometrico.</li>

<li>Convezione. Generalità sullo scambio termico per convezione. Le equazioni di strato limite. Convezione forzata. Flusso esterno. Lastra piana con deflusso parallelo. Deflusso trasversale su superfici cilindriche e sferiche. Deflusso trasversale su banchi di tubi.</li>

<li>Flusso interno. Regione di ingresso e moto laminare completamente sviluppato. Il bilancio dell'energia per le condizioni al contorno di flusso uniforme alla parete e di temperatura di parete uniforme. Correlazioni di convezione per il moto laminare nei condotti. Moto turbolento completamente sviluppato. Correlazioni. Condotti a sezione non circolare.</li>

<li>Incremento dello scambio termico. Le tecniche di incremento dello scambio termico. Tecniche passive ed attive. Vantaggi dell'incremento dello scambio termico. Superfici alettate. Tubi con alettatura longitudinale ed elicoidale.</li>

<li>Scambiatori di calore. Generalità e classificazione. Coefficiente globale di scambio termico. Effetto dello sporco della superficie. Differenza di temperatura medio logaritmica: scambiatori a correnti parallele e non parallele. Metodo dell'efficienza e del numero di unità di trasporto (NTU). Scambiatori compatti.</li>

<li>Reologia. Classificazione dei fluidi: puramente viscosi, viscoelastici e dipendenti dal tempo. Modelli reologici. Fluidi non Newtoniani: modello di Bingham e a legge di potenza. Determinazione dei parametri reologici mediante reometro a tubo capillare. Fluidi verificanti la legge di potenza in moto entro condotti. Profilo di velocità. Numero di Reynolds generalizzato. Fattore di attrito in regime laminare. Regime turbolento. Relazione di Dodge e Metzner. Scambio termico convettivo in regime laminare e turbolento.</li>

<li>Scambio termico in ebollizione e condensazione. Raggruppamenti adimensionali nell'ebollizione e nella condensazione. Regimi di ebollizione: ebollizione di massa, ebollizione in convezione forzata, ebollizione sottoraffreddata e saturata. Modalità di ebollizione di massa: in convezione naturale, nucleata, regime di transizione, a film. Correlazione di Rohsenow. Flusso critico. Flusso minimo. Ebollizione in convezione forzata. Condensazione superficiale. Condensazione a film e condensazione a gocce. Condensazione a film laminare su lastra piana verticale, soluzione di Nusselt, numero di Reynolds per la condensazione a film: regime di transizione, regime turbolento numero di Nusselt modificato. Condensazione a film su sistemi radiali. Condensazione a gocce.</li>

<li>Il problema dei trasduttori termici e fluidodinamici: soluzioni analitiche e soluzioni numeriche.</li>

<li>Applicazioni tecniche nell'industria alimentare: apparecchiature per l'essiccazione, il congelamento, la concentrazione di sostanze alimentari. Esempi impiantistici.</li>

<li>Esercitazioni in laboratorio informatico sulle tecniche di simulazione numerica dello scambio termico, utilizzando sia codice realizzato dagli studenti in Excel (eserc. n. 1), sia il programma "general purpose" COMSOL (eserc. n. 2).</li>

</ul>

## Modalità d'esame

L'esame consiste in una classica interrogazione, costituita solitamente da tre brevi domande, almeno una delle quali è un esercizio. Tuttavia, al contrario di altri esami, non è richiesto di mostrare di ricordare a memoria formule complicate: occorre invece dimostrare di padroneggiare bene le definizioni delle grandezze fisiche e le loro unità di misura, di aver compreso le leggi fisiche fondamentali (non di averne imparato a memoria l'enunciato!), e di saper ragionare nell'impostazione di problemi diversi da quelli illustrati a lezione. Nel corso dell'esame lo studente è libero di consultare appunti e dispense, o il materiale fotocopiato a disposizione presso il Centro Documentazione.

## Propedeuticità

Conoscenze di base di Fisica Tecnica.

## Testi consigliati

---

F. KREITH: "Principi di trasmissione del calore" - Liguori Editore, Napoli, 1976

F. P. INCOPRERA, D P DE WITT: " Fundamentals of Heat and Mass Trasfer ", John Wiley & Sons, New york, 1985.