

## Termodinamica

### Conoscenze

- Concetti di temperatura, calore, lavoro, stato di equilibrio.
- Primo principio e conservazione dell'energia.
- Secondo principio e direzione delle trasformazioni. Energia libera di Helmholtz e Gibbs.
- Diagramma di stato di un componente puro. Effetti termici associati: calore sensibile e latente. Tensione di vapore. Condizioni critiche.
- Energia interna, entalpia, entropia e variazione in trasformazioni semplici.
- Equazioni di stato volumetriche e applicazione alla valutazione di proprietà termodinamiche. Legge degli stati corrispondenti. Principali diagrammi di valutazione di proprietà termodinamiche: Mollier, pressione/entalpia, temperatura/entropia.
- Cicli termodinamici diretti e inversi.
- Equilibrio monocomponente fra più fasi: equazione di Clapeyron.
- Condizione di equilibrio materiale e potenziale chimico. Regola delle fasi.
- Sistemi multicomponenti: grandezze parziali e proprietà di miscela.
- Caratterizzazione di miscele reali: fugacità e attività.
- Equilibri di fase: sistemi liquido-vapore e liquido-liquido; ripartizione di soluti; solubilità.
- Proprietà colligative delle soluzioni.
- Calcolo degli equilibri chimici per sistemi ideali e reali.
- Celle elettrochimiche, potenziali d'elettrodo, equazione di Nernst.

### Competenze e capacità

- Valutazione degli effetti termici delle trasformazioni fisiche e chimiche
- Identificazione dello stato di aggregazione di una sostanza pura a partire dalle proprietà ridotte
- Utilizzo delle equazioni di stato volumetriche per stimare le proprietà termodinamiche dei fluidi in condizioni non ideali.
- Predizione della composizione in equilibri di fase multicomponenti, per valore assegnati di pressione, temperatura e composizione iniziale con riferimento, in particolare, agli equilibri liquido-vapore (anche in condizioni non ideali) e liquido-liquido.
- Calcolo delle costanti di equilibrio chimico a partire da dati termodinamici standard (entalpie e energie libere di formazione, entropie assolute, calori specifici, entalpie di transizione di fase).
- Predizione della composizione in equilibri chimici, fissate pressione, temperatura e composizione iniziale anche in condizioni non ideali.
- Valutazione del calore assorbito e del lavoro sviluppato in un ciclo termodinamico.
- Valutazione della forza elettromotrice di una cella elettrochimica.

## Fenomeni di trasporto

### Conoscenze

- Forma generale dell'equazione di bilancio di una proprietà estensiva
- Concetto di pressione e relativo andamento in condizioni idrostatiche
- Tensioni fluidodinamiche: viscosità, legge di Newton
- Principali classi reologiche per fluidi non-newtoniani
- Impostazione generale delle equazioni di trasporto per la quantità di moto in condizioni laminari
- Fenomenologia di base della turbolenza
- Interazioni fluido-parete e coefficienti di attrito ( $f$ ) e di trascinamento ( $CD$ )
- Equazione generalizzata di Bernoulli
- Conduzione di calore: conducibilità termica e legge di Fourier
- Trasporto di calore per convezione forzata e naturale
- Trasporto di calore per irraggiamento: legge di Stefan-Boltzmann e scambio di energia fra corpi neri e grigi.
- Impostazione generale delle equazioni di trasporto di energia in condizioni laminari
- Interazione fluido-parete e coefficienti di scambio di calore all'interfaccia
- Trasporto molecolare e convettivo di materia in miscele multicomponente.
- Diffusione di materia ordinaria e legge di Fick
- Impostazione generale delle equazioni di trasporto di materia in una miscela multicomponente (diluata) in condizioni laminari
- Coefficienti di scambio di materia all'interfaccia e modelli semplificati (film, penetrazione, rinnovamento superficiale)
- Diffusione in mezzi eterogenei e porosi
- Analogie tra i fenomeni di trasporto di quantità di moto, energia e materia e tra i coefficienti di trasferimento

### Competenze e Capacità

- Impostazione di bilanci integrali e locali di quantità di moto, materia e energia
- Calcolo profili di velocità e pressione in geometrie semplici (per moto laminare)
- Predizione delle perdite di carico nei sistemi di tubazioni e relativo dimensionamento
- Valutazione della resistenza fluidodinamica di oggetti (o della spinta fluidodinamica su oggetti fermi)
- Calcolo di profili di temperatura in geometrie semplici
- Predizione della potenza termica scambiata per conduzione, convezione e irraggiamento in sistemi di interesse pratico.
- Calcolo di profili di concentrazione in geometrie semplici (sistemi laminari)
- Predizione del flusso di materia interfacciale in sistemi di interesse pratico

## Reattori e cinetiche chimiche

### Conoscenze

- Concetto di: velocità di reazione, conversione, selettività e resa
- Equazione cinetica per processi omogenei: ordine di reazione, energia di attivazione.
- Applicazione dei bilanci di materia e energia ai principali reattori ideali: reattore discontinuo perfettamente miscelato, reattore continuo tubolare con flusso a pistone, reattore continuo perfettamente miscelato
- Modellizzazione dei comportamenti non ideali: reattore tubolare con riciclo, cascata di reattori perfettamente miscelati, dispersione assiale di materia, zone stagnanti, by-pass.
- Distribuzione dei tempi di permanenza
- Ottimizzazione di temperatura per processi reversibili esotermici: reattore tubolare con stadi adiabatici inter-refrigerati.
- Reattori per processi enzimatici e biologici. Equazioni cinetiche di Michaelis-Menten e Monod.

### Competenze e Capacità

- Valutazione dei profili di conversione e temperatura in reattori omogenei al variare delle condizioni operative
- Identificazione dei parametri fluidodinamici del reattore mediante analisi della distribuzione dei tempi di permanenza
- Scelta del tipo di reattore e identificazione delle condizioni operative adeguate in relazione alle caratteristiche del processo chimico

## **Impianti chimici**

### **Conoscenze**

- Apparecchiature per lo scambio di calore
  - Scambiatori di calore con e senza passaggi di stati
  - Utilizzo del vapore saturo
  - Evaporatori
  - Tecniche del freddo
- Apparecchiature per lo scambio di calore e materia
  - Cristallizzatori
  - Essiccatori
- Apparecchiature per lo scambio di calore e quantità di moto: recipienti agitati meccanicamente con dispositivi per il controllo termico
  - Per liquidi
  - Per sistemi liquido/solido
  - Con immissione di gas
- Apparecchiature per operazioni fisiche
  - Filtri
  - Macchine per la comminuzione
  - Apparecchi per la separazione di sistemi bifasici basati sulla differente massa volumica

### **Competenze e Capacità**

- Conoscere il principio di funzionamento delle apparecchiature
- Selezionare l'apparecchiatura più adatta per una specifica operazione unitaria
- Impostare ed eseguire calcoli relativi alla progettazione e verifica di apparecchiature

## Chimica Industriale

### Conoscenze

- definizione e analisi di schemi dei processi chimici industriale
- materie prime per i prodotti finiti
- analisi e gestione degli scarti di produzione
- bilanci di materia e di energia in schemi di processo reali
- Termodinamica applicata alle applicazioni pratiche
- Cinetica chimica e dimensionamento di apparecchiature industriali
- Catalisi e catalizzatori
- Adsorbimento di composti gassosi su superfici solide
- Processi industriale di produzione di idrogeno
- Steam reforming catalitico di gas naturale
- Ossidazione parziale di idrocarburi "pesanti"
- Reazione di "Water gas shift" per la conversione di CO a CO<sub>2</sub> e di vapore a idrogeno
- Processi di separazione della CO<sub>2</sub>
- Processi di purificazione dell'idrogeno
- Sintesi di ammoniaca mediante processo catalitico Haber Bosch
- Processo di produzione di acido solforico
- Processo di produzione di acido nitrico
- Liquefazione dell'aria
- Distillazione dell'aria e ottenimento dei gas puri

### Competenze e capacità

- Valutazione quantitativa della temperatura dei reattori chimici nei processi industriali
- Analisi dei flussi in uno schema reale di processo con relativi vincoli termodinamici e cinetici
- Utilizzo delle equazioni empiriche di trasporto di materia e calore per prevedere le prestazioni di apparecchiature chimiche industriali
- Valutazione dello scambio di energia e materia in apparecchiature reali di reazione o produzione di composti chimici.
- Dimensionamento di massima delle Unità di reazione o di trasferimento di materia e calore.

## **Controllo e strumentazione per i processi chimici**

### **Conoscenze**

- Concetti base di un sistema di controllo: obiettivi, elementi costitutivi di un controllore, classificazione delle variabili, differenze tra sistemi in retro- ed ante-azione
- Classificazione dei modelli matematici descrittivi di un processo
- Strumenti matematici per l'analisi dinamica: teoria delle trasformate integrali
- Metodi per la trattazione di modelli non-lineari
- Teoria dell'espressione dei fenomeni dinamici tramite funzioni di trasferimento nel dominio di Laplace
- Espressione matematica dei disturbi alle variabili di processo tramite funzioni forzanti, e conversione nel dominio di Laplace
- Analisi del comportamento dinamico di sistemi lineari di primo ordine e di ordine superiore
- Analisi del comportamento dinamico di sistemi con anticipo e con ritardo
- Derivazione di modelli empirici
- Analisi della risposta in frequenza di sistemi lineari, studio della
- Diagrammi di Bode
- Funzioni di trasferimento per un sistema controllato, descrizione tramite schema a blocchi
- Diagrammi del luogo delle radici per un sistema controllato
- Caratteristiche dei controllori in retroazione (PID)
- Schemi di controllo avanzato e caratteristiche dei controllori in anteazione
- Strumentazione per la misura di variabili di processo

### **Competenze e capacita'**

- Derivazione di modelli dinamici di processi tramite bilanci di proprieta'
- Trasformazione di fenomeni dinamici (sia modelli di processo sia funzioni forzanti) dal dominio del tempo a domini trasformati
- Studio dell'evoluzione dinamica delle variabili di processo di un sistema disturbato da una funzione forzante
- Ottenimento di un modello empirico a partire da dati sperimentali
- Analisi della stabilita' di processi lineari
- Studio della stabilita' di un processo controllato al variare dei parametri del controllore
- Progettazione di un controllore di tipo feedback (PID) per processi lineari, a partire da modelli analitici o derivati sperimentalmente