



UNIVERSITÀ DI PISA

TERMODINAMICA DELL'INGEGNERIA CHIMICA

ANTONIO BERTEI

Academic year **2023/24**
Course **INGEGNERIA CHIMICA**
Code **537II**
Credits **9**

Modules	Area	Type	Hours	Teacher(s)
TERMODINAMICA	ING-IND/24	LEZIONI	90	ANTONIO BERTEI RACHELE LAMIONI

Obiettivi di apprendimento

Conoscenze

Gli studenti imparano ad applicare i principi di conservazione di massa ed energia, insieme alla seconda legge della termodinamica, per descrivere gli stati di equilibrio che si incontrano nella pratica dell'ingegneria chimica. Si analizzano a fondo i principi fondamentali della termodinamica, sia dal punto di vista classico, studiandone lo sviluppo storico, sia anche mostrando come, attraverso la meccanica statistica, essi siano connessi alle leggi di base della fisica. Infine, questi principi fondamentali vengono applicati per risolvere dei problemi di particolare rilievo nell'industria chimica determinando, ad esempio, le proprietà di leghe e miscele e gli equilibri di fase, o studiando gli effetti superficiali e le reazioni chimiche ed elettrochimiche.

Modalità di verifica delle conoscenze

Gli studenti devono dimostrare di possedere e di mettere in pratica le nozioni apprese durante il corso con spirito critico.

Metodi:

- Esame finale scritto.
- Esercitazione pratica.
- Esame finale orale.

Il superamento dell'esame scritto è un prerequisito per l'accesso all'esame orale. Il punteggio ottenuto nell'esercitazione pratica, da 0 a 30, conta per un quinto del voto finale.

Capacità

Lo studente saprà applicare i principi e le leggi della termodinamica per risolvere problemi pratici tipici dell'ingegneria chimica.

Modalità di verifica delle capacità

Lo studente dovrà superare un esame con parte scritta ed orale, risolvendo dei problemi assegnati dal docente, di ovvia rilevanza per l'ingegneria chimica. Nelle ultime giornate del corso verrà inoltre eseguita un'esercitazione pratica, guidata dai docenti ed in laboratorio, con domande e risposte scritte che saranno valutate individualmente.

Comportamenti

Lo studente saprà impostare correttamente e risolvere problemi concreti dell'ingegneria chimica, applicando i principi e le leggi della termodinamica.

Modalità di verifica dei comportamenti

Durante l'esame sarà valutata la capacità dello studente di impostare correttamente e risolvere dei problemi tipici dell'industria chimica.

Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Lo studente deve possedere nozioni di calcolo differenziale.

Indicazioni metodologiche

Le lezioni sono frontali. La frequenza è altamente consigliata.

Le attività consistono in:



UNIVERSITÀ DI PISA

- Seguire le lezioni.
- Svolgere gli esercizi assegnati per casa.
- Partecipare alla discussione.
- Prendere parte all'esercitazione pratica.

Tutto il materiale didattico e le comunicazioni docente-studente di carattere generale sono disponibili su MS Teams. Le interazioni tra il docente e i singoli studenti vengono gestite tramite email o con ricevimenti individuali.

Programma (contenuti dell'insegnamento)

- Prima legge - Equilibrio, energia interna, regola delle fasi, gas ideale.
- Proprietà volumetriche - Equazioni di stato cubiche, legge degli stati corrispondenti tra fluidi.
- Effetti termici - Temperatura, calori specifici, calore sensibile e calore latente.
- Seconda legge - Il motore termico e il ciclo di Carnot, entropia, il principio evolutivo.
- Legame tra termodinamica e meccanica statistica.
- Potenziali termodinamici - Entalpia, energie libere, relazioni di Maxwell.
- Cicli termodinamici - sistemi bifase, diagrammi termodinamici, motori termici e frigoriferi.
- Miscele ideali - Potenziale chimico, miscele di gas ideali e soluzioni ideali.
- Miscele non ideali - Proprietà parziali molari, proprietà di eccesso, fugacità.
- Equilibri di fase - stabilità, curve di coesistenza e curve spinodali, equilibrio liquido-vapore.
- Proprietà colligative - Effetti ebullioscopici, crioscopici e pressione osmotica.
- Effetti superficiali - Tensione superficiale, equazione di Young-Laplace, angolo di contatto, teoria della nucleazione.
- Equilibrio delle reazioni chimiche - Coordinate di reazione, costanti di equilibrio, produttoria di attività, effetti di pressione/temperatura/concentrazione su equilibrio.
- Termodinamica elettrochimica - Legge di Nernst, potenziali elettrochimici, legami con reazioni chimiche, pile e celle a combustibile.

Bibliografia e materiale didattico

Libro di testo:

- Rizzo, R. Mauri, Termodinamica per l'Ingegneria Chimica. (in rete).
- Dispense aggiuntive dei docenti.

Altri testi consigliati:

- M. Smith, H.C. Van Ness, M.M. Abbott, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. McGraw Hill (2005).
- I. Sander, Chemical Biochemical, and Engineering Thermodynamics. Wiley (2006).

Indicazioni per non frequentanti

Studenti non frequentanti devono contattare il docente e concordare con lui gli argomenti di studio e le conoscenze pratiche necessarie.

Modalità d'esame

L'esame si compone di una prova scritta (circa 30 min) ed una orale, che consiste in un colloquio di almeno 30 minuti in cui si valuta il grado di comprensione dei principi e delle leggi della termodinamica da parte dello studente, prevedendo anche lo svolgimento di brevi esercizi. La prova orale deve essere sostenuta, di norma, nello stesso appello. Il fallimento della prova orale comporta l'annullamento della prova scritta. Preliminarmente agli appelli sarà eseguita un'esercitazione pratica in laboratorio, guidata dai docenti, con domande e risposte scritte che saranno valutate individualmente per ogni studente. Il voto ottenuto nell'esercitazione pratica, da 0 a 30, costituirà un quinto del voto finale.

Altri riferimenti web

Registro elettronico:

<https://unimap.unipi.it/registri/dettregistriNEW.php?re=3311203::: &ri=9185>

Ultimo aggiornamento 05/09/2023 09:29