



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## CHIMICA FISICA INDUSTRIALE E LABORATORIO

**LUCA BERNAZZANI**

Anno accademico 2020/21  
CdS CHIMICA PER L'INDUSTRIA E L'AMBIENTE  
Codice 123CC  
CFU 12

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
CHIMICA FISICA INDUSTRIALE E LABORATORIO	CHIM/02	LEZIONI	72	LUCA BERNAZZANI
LABORATORIO	CHIM/02	LABORATORI	45	LUCA BERNAZZANI

### Obiettivi di apprendimento

#### *Conoscenze*

Lo studente sarà in grado di mostrare una solida conoscenza dei temi fondamentali della termodinamica chimica e di applicare questi concetti ai fenomeni chimico-fisici, deducendo la direzione dei cambiamenti spontanei e la condizione finale dell'equilibrio. Utilizzerà la termodinamica classica per studiare l'equilibrio di fase nei sistemi mono- e multicomponenti, le proprietà delle miscele e l'equilibrio chimico, acquisendo quindi le nozioni necessarie per indagare i processi industriali. Inoltre, seguendo un approccio basato sui metodi cinetici, lo studente avrà una conoscenza adeguata dell'evoluzione temporale dei sistemi reagenti, comprendendo i meccanismi delle reazioni chimiche. Infine, frequentando il laboratorio pratico, lo studente acquisirà la sensibilità sperimentale necessaria alla corretta determinazione delle proprietà termodinamiche.

#### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Per l'accertamento delle conoscenze saranno svolte delle esercitazioni numeriche in aula e prove in itinere. Inoltre lo studente dovrà compilare un elaborato scritto sulle singole esperienze di laboratorio.

#### *Capacità*

Lo studente sarà in grado di risolvere problemi numerici relativi agli argomenti di termodinamica e cinetica affrontati durante il corso. Lo studente sarà in grado di presentare in una relazione scritta i risultati dell'attività svolta durante il laboratorio.

#### *Modalità di verifica delle capacità*

Saranno svolte prove in itinere per accertare l'avvenuta comprensione degli argomenti del corso.

#### *Comportamenti*

Lo studente sarà in grado di seguire altri corsi ed in particolare quelli di chimica industriale, avendo solide basi di termodinamica e cinetica. In particolare sarà capace di:

- Studiare un equilibrio chimico.
- Consultare tabelle termodinamiche.
- Comprendere i diagrammi di fase.
- Valutare la velocità delle reazioni.
- Valutare l'accuratezza e la precisione necessarie a svolgere attività di raccolta e analisi di dati sperimentali.
- Sviluppare sensibilità alle problematiche di sicurezza in laboratorio.

#### *Modalità di verifica dei comportamenti*

- Le esercitazioni numeriche in aula forniranno elementi utili per valutare il grado di acquisizione degli obiettivi.
- Durante le sessioni di laboratorio saranno valutati il grado di accuratezza e precisione nelle attività svolte operando in condizioni di sicurezza.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)



## UNIVERSITÀ DI PISA

Conoscenze matematiche di base: uso di funzioni logaritmiche, calcolo di derivate e integrali di funzioni semplici, nozioni di calcolo differenziale, rappresentazione grafica di semplici funzioni analitiche.

### Indicazioni metodologiche

- Lezioni frontali in aula
- Esercitazioni numeriche in aula con uso di programmi di calcolo
- Esercitazioni di laboratorio effettuate a gruppi con uso dei PC in dotazione del laboratorio per lo svolgimento dei calcoli relativi alle esperienze effettuate.
- Uso del sito di elearning del corso per scaricamento di materiale didattico, comunicazioni docente-studenti, formazione di gruppi di lavoro.
- Interazione tra studente e docente mediante ricevimenti e uso della posta elettronica
- Prove in itinere per la valutazione dell'apprendimento.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Il corso fornisce nozioni sulle leggi termodinamiche, funzioni di stato, funzioni di linea, proprietà dei gas (gas ideali e reali, equazioni di stato), nonché sugli equilibri di reazione nelle miscele di gas e sulla loro dipendenza dalla temperatura e pressione. Il corso tratta anche l'equilibrio di fase in sistemi monocomponente, la regola delle fasi e l'equazione di Clapeyron. La seconda parte del corso si concentra sulle soluzioni, sulle quantità molari parziali e sul processo di mescolamento, occupandosi delle soluzioni ideali e di quelle diluite ideali, delle leggi di Raoult e Henry. Altri temi riguardano le soluzioni non ideali, l'attività, i coefficienti di attività e le proprietà termodinamiche in eccesso. Sono presentati e discussi modelli correlati e predittivi per i coefficienti di attività di miscele liquide. Sono inoltre presentati gli equilibri di fase in sistemi multi-componente. La parte finale del corso riguarda la cinetica chimica, e vengono prese in considerazione le leggi e i meccanismi di reazione. La parte di laboratorio del corso tratta alcune proprietà fisiche della materia, la termometria, la calorimetria e si occupa della loro determinazione sperimentale. Vengono anche forniti cenni sugli errori nelle misure sperimentali e alle modalità per la loro valutazione.

### Bibliografia e materiale didattico

#### Testi suggeriti

- P.W. Atkins, J. de Paula, J. Keeler Physical Chemistry, 11 ed., Oxford Univ. Press, 2017; Chimica Fisica, 6 ed., Zanichelli, 2020
- S.I. Sandler, Chemical and Engineering Thermodynamics, 4 ed., J. Wiley & Sons, 2006

#### Ulteriori testi

- J.M. Smith, H.C. Van Ness, M.M. Abbott, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7 ed., McGraw-Hill IE, 2005
- I.M. Klotz, R.M. Rosenberg, Chemical Thermodynamics, 5 ed., J. Wiley & Sons, 1994

#### Materiale didattico disponibile

- Slides riepilogative dei principali argomenti del corso
- Dispensa su Argomenti scelti di Chimica Fisica Industriale
- Dispensa di Laboratorio di Chimica Fisica Industriale
- Descrizione delle esercitazioni di laboratorio
- Esercizi risolti di precedenti sessioni di esame

### Modalità d'esame

- L'esame è composto da una prova scritta ed una prova orale.
- La prova scritta consiste nella risoluzione di 3-4 esercizi o problemi. Durante la prova, che si svolge in un'aula normale, lo studente può far uso esclusivamente della propria calcolatrice tascabile, ha a disposizione circa 4 ore e non è consentita la consultazione di libri o appunti di lezioni. Una volta superata la prova essa rimane valida per tutti gli appelli dell'anno accademico in cui è stata sostenuta.
- La prova scritta è superata se lo studente raggiunge una valutazione di almeno 18/30 che consente l'accesso alla prova orale.
- La prova orale consiste in un colloquio tra il candidato e il docente, alla presenza di collaboratori del docente titolare. Durante la prova orale potrà essere richiesto al candidato di risolvere anche problemi o esercizi scritti nel caso in cui la prova scritta sia ai limiti della sufficienza. Allo studente sarà richiesto di rispondere a domande sugli argomenti costituenti il programma del corso incluse le esercitazioni pratiche di laboratorio.
- La prova orale non è superata se il candidato mostra di non essere in grado di esprimersi in modo chiaro e di usare la terminologia corretta, se non risponde correttamente almeno alle domande concernenti la parte più basilare del corso, oppure se mostrerà ripetutamente l'incapacità di mettere in relazione parti del programma e nozioni che deve usare in modo congiunto per rispondere in modo corretto ad una domanda.
- Durante l'anno saranno svolte 4-5 prove "in itinere" e lo studente che ottenga una valutazione sufficiente su ogni singola parte del corso sarà esentato dallo svolgere la prova scritta e ammesso direttamente a sostenere la prova orale dell'esame.