UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Termodinamica

2627-2-ESM02Q009

Obiettivi

Apprendimento dei concetti di base della termodinamica classica di equilibrio e sviluppo della capacità di analisi di semplici sistemi di rilievo in scienza dei materiali.

Conoscenze e capacità di comprensione acquisite

- Metodologie di analisi di sistemi termodinamici isolati e chiusi anche reattivi
- Procedure per la determinazione delle principali grandezze termodinamiche
- Tecniche per la valutazione dei processi termodinamicamente ammissibili tra stati di equilibrio
- Metodologie idonee alla descrizione sistemi chimico-fisici di rilievo in scienza dei materiali

Conoscenze e capacità di comprensione applicative acquisite

- Determinazione delle equazioni di stato e dei potenziali termodinamici di sistemi di interesse per la scienza dei materiali
- Valutazione del limite di applicabilità di modelli termodinamici elementari in sistemi di interesse per la scienza dei materiali

Autonomia di giudizio acquisita

- Valutazione dell'appropriatezza dei modelli termodinamici nell'analisi di sistemi reali
- Capacità di modellazione di sistemi fisici reali in termini termodinamici

Abilità comunicative

Uso rigoroso del linguaggio naturale in ambito scientifico

Capacità di apprendere

Attivazione di competenze critiche nell'analisi di modelli scientifici

Contenuti sintetici

Richiami di matematica
Principio zeresimo, primo e secondo principio della termodinamica
Funzioni di stato ausiliarie
Termodinamica dei gas ed equilibri di reazione in fase gassosa
Stati di aggregazione e fasi
Elementi di termodinamica delle soluzioni

Programma esteso

- **RICHIAMI DI MATEMATICA:** Differenziale esatto, derivate parziali, forme differenziali. Notazione.
- **PRINCIPIO ZERESIMO, PRIMO E SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA:** Sistemi e variabili termodinamiche. La temperatura e il principio zeresimo. Il lavoro. Energia interna e primo principio. Concetto di funzione di stato. Processi adiabaticamente impossibili, naturali e reversibili. Entropia e secondo principio. Prima formulazione di un criterio di equilibrio.
- **FUNZIONI DI STATO AUSILIARIE:** Entalpia, energie libere di Helmholtz e di Gibbs. Proprietà e utilità delle funzioni di stato ausiliarie. Equazioni fondamentali per un sistema chiuso. Il potenziale chimico. Criterio di equilibrio. Grandezze termodinamiche ausiliarie. Determinazione delle variazioni delle funzioni termodinamiche al variare della pressione e della temperatura. Grandezze molari e grandezze molari parziali.
- **TERMODINAMICA DEI GAS ED EQUILIBRI DI REAZIONE IN FASE GASSOSA:** Gas perfetto: forma del potenziale chimico ed equazione di stato. Gas reali: concetto di fugacità. Esempi numerici di determinazione delle variazioni delle funzioni termodinamiche al variare di pressione, volume e temperatura. Miscele perfette di gas. Costante di equilibrio per reazioni in fase gassosa e sua dipendenza da temperatura e pressione. Grado di avanzamento di una reazione chimica.
- **STATI DI AGGREGAZIONE E FASI:** La regola delle fasi per componenti che non reagiscono o che reagiscono. Equazione di Clausius-Clapeyron. Calore latente. Cenni ai diagrammi di stato ed equilibri di fase per sistemi ad un solo componente. Polimorfismo. Transizioni di fase.
- **TERMODINAMICA DELLE SOLUZIONI** Soluzioni ideali. Leggi di Raoult e Henry, proprietà di mescolamento, dipendenza del coefficiente di Henry da temperatura e pressione. Legge di Nernst. Abbassamento del punto di congelamento e innalzamento del punto di ebollizione. Soluzioni non-ideali: concetto di attività, funzioni di eccesso.

Prerequisiti

Analisi matematica di funzioni a più variabili

Modalità didattica

Lezioni frontali in modalità erogativa (6 CFU, 48 ore) ed esercitazioni numeriche in modalità interattiva (2 CFU, 20

ore). Tutte le attività didattiche sono in presenza. Gli studenti potranno fruire di strumenti di esercitazione assistita e di autovalutazione disponibili sul sito di elearning.

Le lezioni saranno tenute in lingua italiana.

Materiale didattico

- K. Denbigh, I principi dell’equilibrio chimico, Casa Editrice Ambrosiana.
- Dispense del docente

Gli studenti potranno fruire di strumenti di esercitazione assistita, di autovalutazione e di materiale didattico integrativo disponibili sul sito di elearning.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre del 2° anno

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame di Chimica Fisica si articola in una prova scritta e un colloquio.

La prova scritta consiste nello svolgimento di tre problemi. Il primo problema verte sugli aspetti fondamentali della termodinamica classica (1° e 2° principio, calcolo di lavori e calori scambiati, ecc.); il secondo è focalizzato sugli equilibri fisici (transizioni di fase, calori latenti di transizione, punti di fusione e di eboliizione, ecc.); e il terzo richiede lo studio di un equilibrio chimico (calcolo della costante di equilibrio, energie libere di reazione, ecc.) e/o di una cinetica di reazione /determinazione dell’ordine di reazione, energie di attivazione, ecc.).

Per ogni problema risolto in maniera corretta e completa vengono assegnati 10 punti. L'ammissione all'orale richiede un punteggio complessivo nella prova scritta non inferiore a 15 punti.

La prova orale verte sulla eventuale risoluzione degli esercizi non correttamente risolti dallo studente e sugli argomenti di teoria svolti a lezione.
La prova orale deve essere sostenuta nella stessa sessione d'esame in cui è stata sostenuta la prova scritta.

La graduazione dei voti per la prova orale sarà la seguente:
< 18: votazione insufficiente; non raggiunto il livello minimo di preparazione;
18-21: preparazione su un numero ridotto di argomenti presenti nel programma del corso, con capacità di trattazione e analisi limitate che emergono solo a seguito dell’aiuto e delle domande del docente; competenza espositiva e lessico non sempre corretti, capacità di elaborazione critica limitata;
22-24: preparazione su una parte degli argomenti presenti nel programma del corso, capacità di analisi autonoma limitata, uso di un lessico corretto anche se non del tutto accurato e chiaro e di una capacità espositiva a tratti incerta;
25-27: preparazione su un numero ampio di argomenti trattati nel programma del corso, capacità di svolgere in modo autonomo l’argomentazione e l’analisi critica, capacità di applicazione delle conoscenze ai casi concreti, uso di un lessico corretto e competenza nell’uso del linguaggio disciplinare;
28-30/30L: preparazione completa ed esaustiva sugli argomenti in programma d’esame, capacità personale di

trattazione autonoma e di analisi critica dei temi, ottima capacità di pensiero critico e autonomo, piena padronanza del lessico disciplinare e di una capacità espositiva rigorosa e articolata.

Il voto finale è dato dala media aritmetica dei voti comseguiti nella priva scritta e orale.

Orario di ricevimento

Su appuntamento

Sustainable Development Goals

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE