UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Termodinamica di Non Equilibrio

2627-1-F5402Q015

Obiettivi

L'obiettivo del corso è di fornire agli studenti un quadro concettuale moderno della termodinamica dei sistemi fuori equilibrio, con esempi di applicazioni notevoli.

Conoscenze e capacità di comprensione acquisite

- Impiego di adeguati modelli teorici nella analisi di sistemi non all'equilibrio
- Procedure per il calcolo delle grandezze termodinamiche non all'equilibrio
- Criteri per la valutazione della stabilità di sistemi termodinamici non all'equilibrio

Conoscenze e capacità di comprensione applicative acquisite

- Scrittura delle equazioni evolutive di sistemi termodinamici fuori equilibrio
- Analisi delle connessioni tra termodinamica e meccanica statistica fuori equilibrio
- Strumenti per l'analisi dei sistemi di conversione dell'energia anche in rapporto alla loro sostenibilità

Autonomia di giudizio acquisita

- Sviluppo di capacità critiche nell'impiego dei potenziali termodinamici non all'equilibrio
- Capacità di analisi critica delle teorie termodinamiche

Abilità comunicative

Uso rigoroso del linguaggio naturale in ambito scientifico

Capacità di apprendere

Attivazione di competenze critiche nell'analisi di modelli scientifici

Contenuti sintetici

Termodinamica di equilibrio da un punto di vista superiore. Termodinamica vicino all'equilibrio. Macchine termiche non all'equilibrio. Termodinamica lontana dall'equilibrio. Sistemi dinamici.

Programma esteso

Termodinamica di equilibrio da un punto di vista superiore
Ambito e definizioni; le leggi fondamentali; equazione di Gibbs; relazioni fondamentali ed equazioni di stato; relazione di Eulero; relazione di Gibbs-Duhem; trasformazioni di Legendre e potenziali termodinamici; principi estremali; stabilità degli stati di equilibrio; termodinamica chimica di equilibrio.

Termodinamica vicino all'equilibrio
Concetti di base; ipotesi di equilibrio locale; bilancio entropico; equazioni di evoluzione; stati stazionari; applicazioni alla conduzione del calore e al trasporto di massa; limiti della termodinamica classica dei processi irreversibili. Fenomeni di trasporto accoppiati: conduzione elettrica; effetti termoelettrici; termodiffusione; diffusione attraverso una membrana.

Macchine termiche non all'equilibrio
Termodinamica su tempi limitati: ciclo di Carnot e modello di Curzon-Ahlborn; motori termici eso- ed endo-reversibili. La sostenibilità dal punto di vista termodinamico.

Termodinamica lontano dall'equilibrio
Ambito della termodinamica irreversibile estesa; leggi del calore di Fourier e di Cattaneo; entropia estesa; applicazione al trasporto di calore a nanosistemi in condizioni stazionarie. La formula di Einstein e il secondo momento delle fluttuazioni all'equilibrio; derivazione delle relazioni di reciprocità di Onsager-Casimir; Teorema di fluttuazione-dissipazione.

Sistemi dinamici
Reazioni chimiche e macchine molecolari: reazioni chimiche singole e accoppiate; reazioni chimiche cicliche e relazioni di reciprocità di Onsager; efficienza del trasferimento di energia; reazioni chimiche, trasporto di massa e macchine molecolari; reazioni autocatalitiche e diffusione; morfogenesi. Instabilità e formazione di strutture: teorie lineari e non lineari di stabilità; instabilità chimiche; morfogenesi spazio-temporale in sistemi eterogenei; strutture di Turing.

Prerequisiti

Conoscenze di base di termodinamica e meccanica statistica di equilibrio.

Modalità didattica

24 lezioni da 2 ore in presenza, Didattica Erogativa
Le lezioni saranno tenute in lingua italiana se non saranno presenti studenti Erasmus; in inglese in caso contrario.

Materiale didattico

Georgy Lebon, David Jou, José Casas Vàzquez, *Understanding Non-equilibrium Thermodynamics: Foundations, Applications, Frontiers*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, http://login.proxy.unimib.it/login?url=http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-74252-4
Appunti del docente

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo anno, secondo semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Esame orale sulla materia presentata a lezione. Il colloquio orale è volto a verificare il livello delle conoscenze acquisite, la comprensione dei principali snodi concettuali nello sviluppo delle teorie presentate durante il corso ed il corretto uso del linguaggio da parte dell'esaminando/a.

La graduazione dei voti 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.

Orario di ricevimento

Su appuntamento

Sustainable Development Goals

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE