UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

# COURSE SYLLABUS

# Physical Chemistry of Biological Systems

**2526-3-E0201Q078**

## Obiettivi

Fornire allo studente gli strumenti di base della termodinamica e della cinetica chimica per la comprensione e la modellazione di sistemi e processi biochimici.
Conoscenza e comprensione
Al termine del corso lo studente conosce:
- la natura della Termodinamica e il concetto di rappresentazione termodinamica della realtà fisica
- le prime tre leggi della Termodinamica
- il concetto di spontaneità in termini di entropia e di energia libera
- il concetto di equilibrio e la derivazione non fenomenologica della costante di equilibrio
- il concetto di velocità in una reazione chimica e sue applicazioni
- il concetto cinetico di meccanismo di reazione
- la derivazione dell'equazione di Michaelis-Menten in termini di cinetica chimica

Capacità di applicare conoscenza e comprensione
Al termine del corso lo studente e sulla base delle è in grado di:
- calcolare le variazioni di grandezze termodinamiche
- applicare il criterio di spontaneità in termini di energia libera
- utilizzare dati sperimentali per dedurre una legge di velocità e calcolare la relativa costante di velocità
- verificare un meccanismo di reazione

Autonomia di giudizio.
Al termine del corso lo studente è in grado di:
- applicare correttamente e in modo critico le leggi della Termodinamica e della Cinetica

Abilità comunicative.
Saper affrontare semplici problemi di termodinamica e cinetica, esponendo oralmente con proprietà di linguaggio il procedimento applicato ed i risultati ottenuti

Capacità di apprendimento

Essere in grado di applicare le conoscenze acquisite a contesti differenti da quelli presentati durante il corso, e di comprendere gli argomenti trattati nella letteratura scientifica riguardante gli aspetti termodinamici dei processi biologici

## Contenuti sintetici

Termodinamica: Energia e prima legge. Entropia, seconda e terza legge. Energia libera ed equilibrio. Equilibrio chimico .
Cinetica: leggi e meccanismo delle reazioni discontinue. Leggi e meccanismo delle reazioni enzimatiche.

## Programma esteso

Descrizione dei sistemi macroscopici. Natura della termodinamica. Rappresentazione termodinamica della realtà fisica. Variazione dello stato di un sistema. Lavoro e calore.

Energia e prima legge della termodinamica. Prima legge della termodinamica. La misura del calore come variabile di stato. Entalpia. Capacità termica. Variazioni di entalpia. Variazione di entalpia nelle trasformazioni di fase. Stati di aggregazione della materia.

Entropia, seconda e terza legge della termodinamica. Processi spontanei. Seconda legge della termodinamica. Criterio di spontaneità in termini di entropia. Degenerazione di uno stato ed entropia. Equazione di Boltzmann. Esempi di processi spontanei: equilibrio termico; equilibrio di fase. Terza legge della termodinamica. Entropia residua.

Energia libera ed equilibrio. Energia libera di Gibbs ed energia libera di Helmholtz. Criterio di spontaneità in termini di energia libera. Sistemi con un solo componente: l'equilibrio di fase. Sistemi con più componenti: equilibrio di mescolamento; soluzioni ideali e reali; stati standard. Potenziale chimico e sua dipendenza dalla composizione. Equilibrio di reazione: la costante di equilibrio; variazioni di energia libera standard; dipendenza di ?G e K dalla temperatura. Equilibri chimici in sistemi di interesse biologico: le interazioni idrofobiche.

Sistemi lontano dall'equilibrio. Fenomeni di trasporto. Cenni di termodinamica dei sistemi lontani dall'equilibrio.

Cinetica e meccanismo delle reazioni discontinue. Velocità di reazione. Legge di velocità, costante di velocità ed ordine di reazione. Equazioni cinetiche per reazioni di vario ordine. Determinazione sperimentale dell'ordine di reazione e della velocità di reazione. Stadi elementari e meccanismo di reazione. Relazione tra costante di equilibrio e costante di velocità. Costruzione di un meccanismo di reazione. Dipendenza della costante di velocità di una reazione elementare dalla temperatura; equazione di Arrhenius. Relazione tra costante di velocità ed energia di attivazione. Catalisi enzimatica; derivazione dell'equazione di Michaelis-Menten; inibizione competitiva e non-competitiva; inibizione da substrato.

## Prerequisiti

Prerequisiti: Semplici nozioni di Fisica (Energia e sue forme). Semplici concetti matematici (significato di derivata e integrale, differenziali). Conoscenze di stechiometria.
Propedeuticità specifiche: nessuna.
Propedeuticità generali: lo studente può sostenere gli esami del terzo anno dopo aver superato tutti gli esami del

primo anno di corso

## Modalità didattica

L'insegnamento è tenuto in lingua italiana.
La modalità didattica prevede sia lezioni frontali sia esercitazioni, in modalità erogativa e/o interattiva.

**Suddivisione delle ore totali.**

21 lezioni da 2 ore costituite da:

- una parte (19 lezioni da due ore) in modalità erogativa (didattica erogativa, DE) focalizzata sulla presentazione-illustrazione di contenuti, concetti, principi scientifici.
- una parte (due lezioni da due ore) in modalità interattiva (didattica interattiva, DI), che prevede dimostrazioni aggiuntive di applicazioni pratiche dei contenuti della parte erogativa.

Tutte le attività sono svolte in presenza. Le lezioni saranno videoregistrate e rese disponibili sulla pagine e-lerning del corso.

## Materiale didattico

Appunti delle lezioni.

Testi suggeriti:
- Atkins, Ratcliffe, Wormald, de Paula, Physical Chemistry for the Life Sciences, Third Edition, Oxford UP, 2023
- Prigogine, Kondepudi, Termodinamica, Bollati Boringhieri, 2002
- Roussel, “A Life Scientist’s Guide to Physical Chemistry”, Cambridge, 2012
- E. Schrödinger, “Che cos'è la vita?”, Adelphi 1995
- E. Tiezzi, “Tempi storici, tempi biologici”, Donzelli 2005

## Periodo di erogazione dell'insegnamento

Primo semestre

## Modalità di verifica del profitto e valutazione

Non sono previste prove in itinere.

Esame orale.

All'inizio dell'esame orale, saranno sottoposte allo studente alcune domande a risposta multipla come iniziale verifica di quanto appreso. Le risposte dovranno essere sempre motivate e ricollegate a concetti più ampi.

Ulteriori domande di approfondimento saranno poste sugli argomenti trattati a lezione, con particolare riguardo all'energia libera e all'equilibrio chimico (per la parte di termodinamica) e alle leggi cinetiche (per la parte di cinetica).

Nella prova finale, per quanto possibile, lo studente verrà valutato sulla base dei seguenti criteri:
1) conoscenza e capacità di comprensione ;
2) capacità di collegare i diversi concetti;
3) autonomia di ragionamento;
4) capacità di utilizzare correttamente il linguaggio scientifico

## Orario di ricevimento

Ricevimento: su appuntamento, previa e-mail al docente.

## Sustainable Development Goals

ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO