

Présentation pédagogique

Cette UE approfondit l'étude de la thermodynamique macroscopique pour les systèmes à l'équilibre, tout en introduisant la physique statistique. L'objectif est de faire une première liaison entre les lois physiques microscopiques et celles macroscopiques, ainsi qu'entre les trois piliers de la physique moderne : expérience, théorie, et simulation. Une attention particulière sera dédiée à la compréhension du 2ème principe, à la relation entre énergie et entropie dans les états d'équilibre et dans les transformations, et à la liaison subtile entre évolution microscopique réversible et évolution macroscopique irréversible. Les notions mathématiques nécessaires (par exemple en théorie des probabilités) seront introduites à four et à mesure. Plusieurs exemples accompagneront les explications tout au long du programme : en s'appuyant aussi sur la présentation de simulations numériques, on illustrera les propriétés de gaz et liquides, ainsi que leurs transitions de phases. Vers la fin du cours on discutera plusieurs exemples issus de la recherche contemporaine en physique, chimie et biophysique, aussi à travers un projet bibliographique.

Prérequis

Eléments de mécanique classique : dynamique newtonienne, collisions, travail d'une force, énergie cinétique et énergie potentielle. Eléments de thermodynamique : travail et chaleur, pression, premier et deuxième principe. Concepts de base de la mécanique quantique. Outils mathématiques : dérivées et intégrales de fonctions à plusieurs variables, notions élémentaires de probabilités et statistique.

Thèmes abordés

Dynamique des atomes, rôle privilégié de l'hamiltonienne, réversibilité microscopique.
Premier et deuxième principe : énergie interne, travail mécanique et chimique, chaleur, irréversibilité, transformations spontanées et entropie, avec interprétation microscopique.
Mesure de l'entropie, troisième principe, la notion de métastabilité et l'exemple des verres.
Dérivation et transformation de Legendre des fonctions thermodynamiques.
Thermalisation des vitesses, rôle du chaos en physique, rôle des simulations.
Equilibre et approche à l'équilibre, maximisation de l'entropie, distribution de Maxwell-Boltzmann.
Introduction aux ensembles de Gibbs : moyennes microcanoniques et canoniques, ergodicité.
Théorie des probabilités : loi des grands nombres, théorème centrale limite, fluctuations, origine de la précision des mesures macroscopiques.
Rôle du temps en physique statistique : lien entre dynamique déterministe, marche aléatoire, et équation de la diffusion.
Energie, entropie et cinétique des transformations de la matière : transition liquide - vapeur, nucléation de cristaux, richesse du diagramme de phase de l'eau, réactions prébiotiques, repliement des protéines.

Savoir-faire techniques

Savoir utiliser les outils de la thermodynamique ; savoir appliquer les méthodes de théorie des probabilités à problèmes simples de physique.

Acquis attendus à l'issue de l'UE

Savoir résoudre un problème élémentaire en phénomènes de transport, hydrodynamique ou élasticité ;

Organisation pédagogique

Le cours théorique sera complété par les TD; plusieurs sujets avancés pourront être approfondis à travers l'étude bibliographique d'articles en langue anglaise. Cela permettra aussi aux étudiant(e)s de s'approcher du monde fascinant de la recherche contemporaine.

Ouvrages de référence

Physique Statistique, C. Texier, G. Roux,

Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics, H.B. Callen,

Informations pratiques

Crédits

6 ECTS

Période d'enseignement :

2^e semestre de L3 (S6).

Enseignement à distance :

Non

Enseignement en présentiel :

Oui

Volume horaire : 60h

CM : 24h

TD : 24h

RP : 12h (projet bibliographique)

Travail personnel de l'étudiant : 50h

Contact

Fabio PIETRUCCI