UE Etats quantiques de la matière

Niveau d'étude
Bac +5

ECTS
6 crédits

Composante
UFR Physique, Ingénierie, Terre, Environnement, Mécanique (PhITEM)

Période de l'année
Automne (sept. à dec./janv.)

Diplômes intégrant cet élément

- Master Physique fondamentale et applications

Langue(s) d'enseignement: Français
Ouvert aux étudiants en échange: Oui
Code d'export Apogée: PAX9MQAH

Présentation

Description

Dans ce cours seront abordés les concepts clés rencontrés dans la physique moderne, là où la mécanique quantique joue un rôle prépondérant dans les phénomènes physiques. Ainsi, nous développerons, à l'aide d'illustrations concrètes et détaillées, certains mécanismes novateurs amenant à de nouveaux états de la matière quantique aux propriétés remarquables, tels la supraconductivité.

Nous aborderons également la notion de modes collectifs, de quasi particules, d'états topologiques ou encore d'états magnétiques non-conventionnels. Induits par la compétition entre les termes antagonistes des modèles microscopiques les décrivants, la géométrie des systèmes, et les degrés de liberté mis en jeu (spins, fermions, bosons, fermions de majorana, etc), ces états seront décrits dans un cadre de concepts s'étalant sur les quarantaines dernières années, montrant les évolutions des descriptions des nouveaux états de la matière jusqu'à aujourd'hui. Ce cours est accompagné de séances d'exercices (TDs).

Partie « supraconductivité » :

Informations non contractuelles.
Dernière mise à jour le 30 juin 2026

- Propriétés fondamentales, historique, les matériaux supraconducteurs.

- Propriétés électromagnétiques (modèle de London, longueur de pénétration, enthalpie de surface) et thermodynamiques des supraconducteurs (modèle de Ginzburg-Landau, longueur de cohérence, quantification du flux, champs critiques).

- Effet Josephson, jonctions (reflection d'Andreev), SQUID.

- Un modèle microscopique : éléments de théorie BCS, paires de Cooper et gap supraconducteur. Les supraconducteurs aujourd'hui et questions ouvertes.

Partie « magnétisme » :

- Les modèles microscopiques du magnétisme : de Ising à Heisenberg, du classique au quantique

- Quelques états magnétiques : importance de la géométrie, frustration, ordres cachés, propriétés topologiques. Discussion générale sur une classification des états exotiques et classiques.

- Les sondes expérimentales et théoriques des ordres magnétiques : ondes de spins (classiques, quantiques), excitations magnon, spinons, dynamique, etc.

- Discussion sur les outils théoriques à disposition pour mettre en évidence les ordres. Comment étudier ces systèmes corrélés ?

1. Ondes de spin classique (calcul explicite sur un réseau carré Antiferro) et quantiques (Holstein-Primakoff pour les fluctuations quantiques)
2. Modèle des bosons de Schwinger (liquides de spins,…). Quelques états topologiques, états de Hall quantiques (nombre de Chern), introduction au concept de quasi-particule émergentes et aux fractionalisations classique (monopole magnétique) et quantique (fermions de Majorana).

Heures d'enseignement

CMTD	Cours magistral - Travaux dirigés	51h

Pré-requis recommandés

Bases solides en physique du solide, electromagnétisme et thermodynamique. Une introduction aux propriétés magnétiques de la matière (phénoménologie, ordres magnétiques) est également souhaitée.

Période : Semestre 9

Infos pratiques

Informations non contractuelles.
Dernière mise à jour le 30 juin 2026

Campus

Grenoble - Polygone scientifique

Informations non contractuelles.
Dernière mise à jour le 30 juin 2026