2SC5510 - Physique de la matière

Responsables : **Hichem DAMMAK**

Département de rattachement : **DÉPARTEMENT PHYSIQUE**

Langues d'enseignement : **FRANCAIS**

Type de cours : **Cours ST**

Campus où le cours est proposé : **CAMPUS DE PARIS - SACLAY**

Nombre d'heures d'études élèves (HEE) : **60**

Nombre d'heures présentielles d'enseignement (HPE) : **30**

Année académique : **2024-2025**

Niveau avancé : **non**

Présentation, objectifs généraux du cours :

L'objectif du cours est de permettre aux élèves d'acquérir les connaissances de base de la physique des solides. Il s'agira, en s'appuyant sur des exemples spécifiques dans des secteurs de pointe comme les nanosciences ou l'opto-électronique:

- de les initier à ce vaste et riche domaine de la physique
- de leur donner les outils qui leur permettront de se confronter avec aisance aux nombreux enjeux qu'ouvre ce domaine dans les applications de demain.

Période(s) du cours (n° de séquence ou hors séquence) :

ST5

Prérequis :

Physique Quantique
Physique Statistique
Electromagnétisme dans le vide

Plan détaillé du cours (contenu) :

Plan du cours:

- L'ordre dans les solides : le réseau cristallin.
- Diffusion d'une onde électromagnétique par la matière - Diffraction.
- Métaux et conductivité : modèles de Drude et de Sommerfeld.
- Structure de bandes - Electrons dans les solides massifs et dans les nano-matériaux.
- Semiconducteurs - Puits quantiques : applications à l'opto-électronique.
- Jonction P-N (diode)
- Vibrations des solides - Phonons - Propriétés thermiques.

Déroulement, organisation du cours :

Cours magistraux (13,5 heures), travaux dirigés (15 heures)

Organisation de l'évaluation :

Contrôle final (CF) : Contrôle écrit (1h30) sans documents avec formulaire fourni.

Contrôle continu (CC) : 3 Quiz de 10 minutes en début d'une séance de cours

Note finale : $NF=0,35 CC + 0,65 CF$

Note Session 1 : $\text{Max}(NF,CF)$

Validation de la compétence C1 : Note brute à l'un des deux exercices indiqués du contrôle final est supérieure ou égale à 50%.

Validation de la compétence C2 : Note de la session 1 est supérieure ou égale à 50%.

Session 2 : Contrôle écrit (1h30) sans documents avec un formulaire fourni. Les notes du CC ne seront pas pris en compte.

Moyens :

Equipe enseignante : H. Dammak, B. Dkhil, J.M. Gillet, C. Milesi-Brault

Acquis d'apprentissage visés dans le cours :

A la fin du cours les élèves sont censés savoir :

- 1) Déterminer le système cristallin et le réseau de Bravais d'un cristal et préciser la multiplicité de la maille choisie à partir de données géométriques d'un réseau d'atomes.
- 2) Exprimer les distances inter-réticulaires à l'aide des indices de Miller.
- 3) Appliquer la loi de Bragg pour interpréter les résultats d'une expérience de diffraction de rayonnement (X, neutron, électrons).
- 4) Identifier, parmi les courbes de relations de dispersion de phonons suivant une direction du réseau réciproque, les branches optiques, acoustique longitudinale et acoustique transversale ainsi que sa dégénérescence.
- 5) Appliquer le modèle des électrons libres pour déterminer les états électroniques dans un puits quantique en 1D ou 2D.
- 6) Appliquer le modèle des électrons libres pour calculer la densité des états électroniques et l'énergie de Fermi.
- 7) Appliquer le modèle des électrons libres pour déterminer la contribution des électrons à la chaleur spécifique.
- 8) Identifier, à partir des relations de dispersion d'énergie électronique, le caractère métallique, isolant ou semi-conducteur d'un cristal.
- 9) Déterminer la densité des porteurs dans un semi-conducteur intrinsèque ou dopé à partir d'un modèle des courbes de densités électroniques des bandes de valence et de conduction.
- 10) Décrire l'équilibre d'une jonction P-N (diode).
- 11) Déterminer la densité des états de phonons dans le modèle de Debye que ce soit en 1D, 2D ou 3D.
- 12) Calculer la contribution des phonons à la chaleur spécifique en utilisant le modèle de Debye.

Description des compétences acquises à l'issue du cours :

C1.2: Modeling: use and develop appropriate models, choose the right scale of modeling and relevant simplifying assumptions (outcomes 5-9)

C1.3: Apply problem-solving through approximation, simulation and experimentation (outcomes 1-4,10-12)

C2.1: Deepen your knowledge of an engineering field or scientific discipline

Bibliographie :

Polycopié

Physique de l'état solide, Ashcroft et Mermin

Physique du l'état solide, Kittel