

Baccalauréat en physique

Physique du solide PHQ 585

www.usherbrooke.ca/moodle2-cours/

Cours

| | |
|---------------------|--------------------|
| Titre : | Physique du solide |
| Sigle : | PHQ 585 |
| Crédits : | 3 |
| Travail personnel : | 6 heures/sem. |

Professeur

| | |
|------------|---------------------------------|
| Nom : | Patrick Fournier |
| Bureau : | D2-1073 |
| Tél. : | 821-8000 poste 62822 |
| Courriel : | patrick.fournier@usherbrooke.ca |

Place du cours dans le programme

| | |
|--------------------|----------------|
| Type de cours : | option |
| Cours préalables : | PHQ 430 et 440 |

Chargé d'exercices

| | |
|------------|---|
| Nom : | - |
| Bureau : | - |
| Courriel : | - |

Mise en contexte

Ce cours optionnel d'introduction à l'état solide est particulièrement utile pour des étudiants qui désirent entreprendre des études graduées en matière condensée. Il est également obligatoire pour les étudiants inscrits au module de micro-électronique. Cette branche de la physique que constitue l'état solide étudie un ensemble de phénomènes mettant en jeu les interactions entre atomes, ions et électrons tout en faisant appel à la physique classique et quantique. Elle est au coeur de la technologie basée sur l'électronique et l'optique moderne. Dans de nombreuses Universités, ce cours s'adresse dans un cadre multidisciplinaire à des scientifiques de formations diverses.

Objectif général

Le cours PHQ 585 vise à intégrer les grands concepts de l'électromagnétisme, de la mécanique quantique et de la physique statistique en vue d'une description des structures cristallines et des propriétés électroniques des solides.

Objectifs spécifiques

À la fin du cours de PHQ 585 et pour atteindre les objectifs généraux l'étudiant devrait être capable :

- d'expliquer les notions de cohésion cristalline et de symétries discrètes des structures périodiques dans les espaces réel et réciproque et leurs conséquences sur les lois de conservation ;
- de résoudre des problèmes rencontrés dans des domaines de la physique du solide tels que ceux des matériaux isolants, semiconducteurs et métalliques ;
- d'appliquer les outils mathématiques de la mécanique quantique et de la physique statistique à l'étude et l'analyse des propriétés quantiques et classiques des solides macroscopiques ;
- de vérifier la validité d'hypothèses et de calculs par la comparaison avec des résultats précédents et la confrontation avec des données expérimentales ;
- de décrire en ses propres mots des phénomènes rencontrés en physique du solide ;
- de connaître l'évolution historique des descriptions de phénomènes observés dans les solides ;
- de reconnaître des contributions de la physique du solide au développement de la technologie.

Méthode pédagogique

- Exposés magistraux ;
- Questions durant l'exposé ;
- Exercices dirigés ;
- Résolutions de problèmes sous forme de devoirs.

Évaluation

- Moyens d'évaluation : devoirs et deux examens.
- Type de questions : problèmes à résoudre, questions à développement
- Pondération :
 - 1 - 20% répartis sur 5 ou 6 devoirs
 - 2 - 35% examen intra-trimestriel
 - 3 - 45% examen final
- Moments prévus pour l'évaluation : dates fixées en cours de session
- Critères d'évaluation : vérification des connaissances, de leur compréhension et leur application

Note : En cas de circonstances extraordinaires au-delà du contrôle de l'Université et sur décision de celle-ci, l'évaluation des apprentissages dans ce cours est sujette à changement.

Politique des retards

- La remise des travaux doit se faire dans la première demi-heure du cours à la date mentionnée sur la grille horaire, de préférence à l'entrée dans le local.
- Une pénalité de **5% points par demi-journée** sera appliquée sans exception sur le devoir dû. Les premiers 5% points seront retranchés automatiquement si le devoir n'est pas remis dans la **première demi-heure du cours**. Les prochains 5% seront retranchés si le devoir n'est toujours pas remis à 8h30 le lendemain matin. Ensuite, des tranches de 5% seront soustraites à tous les 8h30 et 17h00 suivants, jusqu'à concurrence de 100% de la valeur du devoir.
- Seulement des raisons exceptionnelles seront acceptées pour un délai dans la remise du devoir (par exemple, pour cause de maladie). La raison devra être expliquée au professeur, avec preuve(s) à l'appui (comme un billet du médecin).
- Les cas de plagiat (partiel ou total) seront punis suivant les règles de la Faculté des sciences.

Bibliographie

Littérature complémentaire aux notes de cours :

- *Physique de l'état solide*, C. Kittel, Dunod, (1998).
- *Elementary Solid State Physics : Principles and Applications*, 2^{ième} édition, M. Ali Omar, Addison-Wesley (1993).
- *Solid State Physics*, N.W. Ashcroft and N.D. Mermin, Holt-Rinehar-Winston, (1976).
- *Principles of the Theory of Solids*, S.M. Ziman, Cambridge University Press (1972).
- *Introductory Solid State Physics*, H.P. Myers, Taylor and Francis (1990).
- *Solid State Physics*, J.R. Hook, H.E. Hall, Wiley (1991).
- *Elementary Solid State Physics : Principles and Applications*, 1^{ière} édition, M. Ali Omar, Addison-Wesley (1975).
- *Physique des semi-conducteurs*, C. Ngô et H. Ngô, Dunod (1998).
- *Magnétisme, I - Fondements*, 1^{ière} édition, É. du Trémolet de Lacheisserie, EDP Sciences (2000).
- *Magnetism in Condensed Matter*, 1^{ière} édition, Stephen Blundell, Oxford Master Series in Condensed Matter Physics, Oxford (2000).

Plan de la matière

La matière est distribuée sur 13 semaines effectives de cours (7 avant l'intra, 6 après la relâche). La répartition donnée ci-dessous n'est qu'approximative et doit être considérée comme un guide. Les numéros de chapitre indiqués correspondent aux chapitres des notes de cours.

| Semaines | Devoirs | Contenu |
|------------------------|---------|--|
| 1 | | Présentation du cours et Introduction (Chapitre 1) |
| 1 et 2 | 1 | Gaz d'électrons libres : densité d'états, chaleur spécifique, susceptibilité de Pauli, diamagnétisme de Landau. Propriétés de transport, loi d'Ohm, effet Hall, conductivité thermique (Chapitre 2). |
| 3 | | Structure cristalline : réseaux périodiques cellules élémentaires, bases, réseaux de Bravais, indices de Miller. Structures cubiques et compactes (Chapitre 3). |
| 3 et 4 | 2 | Cristallographie : Loi de Bragg, analyse de Fourier et vecteurs du réseau réciproque, zone de Brillouin, facteurs de forme atomique et de structure (Chapitre 4). |
| 3 et 4 (en lecture) | | Liaisons cristallines : Van der Waals, ionique, covalente, métallique et ponts hydrogène (Chapitre 5). |
| 5 et 6 | 3 | Modes de vibration du réseau : phonons, quantification des vibrations cristallines, modes acoustiques et optiques, diffusion thermique des phonons, loi de Debye, notion de densité d'états et chaleur spécifique (Chapitre 6). |
| 7 | | Structure de bandes : propagation électronique dans une structure périodique, formation de bandes d'énergie, théorème de Bloch, modèle des électrons quasi libres. Électrons et trous (Chapitre 7). |
| 8 | | INTRA |
| 9 | | RELÂCHE |
| 10 | | Structure de bandes (suite) : propagation électronique dans une structure périodique, formation de bandes d'énergie, théorème de Bloch, modèle des électrons quasi libres. Électrons et trous (Chapitre 7). |
| 11 | 4 | Les semiconducteurs. Électrons et trous, régime intrinsèque, impuretés et régime extrinsèque, jonctions p-n (Chapitre 8). |
| 12 | | Le magnétisme. Origine du magnétisme, Échange, ferromagnétisme, antiferromagnétisme (Chapitre 9). |
| 13 | 5 | Supraconductivité, phénoménologie des supraconducteurs de type I et II. Introduction aux aspects microscopiques, Théorie de BCS, quantification du flux dans un anneau supraconducteur, effet tunnel, effet Josephson (Chapitre 10). |