


5 crédits	37.5 h + 22.5 h	Q2
-----------	-----------------	----

Enseignants	Charlier Jean-Christophe ;Gonze Xavier coordinateur ;Lherbier Aurélien (supplée Charlier Jean-Christophe) ;Piraux Luc ;Rignanese Gian-Marco ;
Langue d'enseignement	Français
Lieu du cours	Louvain-la-Neuve
Préalables	<p>Ce cours suppose acquises :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les notions de physique quantique et statistique telles qu'enseignées dans le cours LMAPR1491; • des notions de base de la physique des matériaux inorganiques cristallins telles qu'enseignées dans le cours LMAPR1805. <p><i>Le(s) prérequis de cette Unité d'enseignement (UE) sont précisés à la fin de cette fiche, en regard des programmes/formations qui proposent cette UE.</i></p>
Thèmes abordés	Le cours présente les bases de la physique des matériaux (en particulier les solides cristallins périodiques). Les matières couvertes comprennent des éléments de cristallographie et de la diffraction, la structure de bande électronique et ses modèles simples, la dynamique du réseau d'atomes y compris les effets anharmoniques, la distinction entre métaux et semiconducteurs, le magnétisme (en particulier le ferromagnétisme), et différents phénomènes de transport de charge et de chaleur.
Acquis d'apprentissage	<p>Contribution du cours au référentiel du programme</p> <ul style="list-style-type: none"> • Axe N°1 : 1.1 • Axe N°2 : 2.3, 2.6, 2.7 <p>Acquis d'apprentissage spécifiques au cours</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Décrire les propriétés de symétrie des solides cristallins ; 2. Utiliser l'approximation de Born-Oppenheimer pour séparer la dynamique des électrons de celle des noyaux; 3. Comparer diverses approximations (électron libre, quasi-libre, et fortement lié) relatives au comportement des électrons dans les solides cristallins et dériver le concept de structure de bandes électroniques à partir du théorème de Bloch; 4. Calculer les modes de vibrations pour des systèmes simples (chaînes d'atomes), en dériver la dynamique des noyaux dans les solides cristallins sur base de l'approximation harmonique, introduire le concept de phonon, et discuter des effets anharmoniques; 5. Comparer les propriétés électroniques des métaux et des semiconducteurs, apprécier l'effet du dopage dans ces derniers et introduire les dispositifs semiconducteurs de base; 6. Discuter des effets de champs (électrique et magnétique) extérieurs sur les propriétés électroniques; 7. Expliquer les phénomènes de transport électrique et thermique dans les solides cristallins; 8. Comprendre les propriétés magnétiques de matériaux utiles pour l'ingénieur <p>----</p> <p><i>La contribution de cette UE au développement et à la maîtrise des compétences et acquis du (des) programme(s) est accessible à la fin de cette fiche, dans la partie « Programmes/formations proposant cette unité d'enseignement (UE) ».</i></p>
Modes d'évaluation des acquis des étudiants	Les étudiants seront évalués individuellement et par écrit (examen et travail) sur base des objectifs particuliers annoncés précédemment.
Méthodes d'enseignement	Des séances d'apprentissage par exercices sont proposées en parallèle des cours magistraux afin de permettre aux étudiants de rendre plus concrets les concepts théoriques présentés. Un travail écrit est également demandé aux étudiants ainsi que la correction du travail effectué par d'autres étudiants.
Contenu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cristallographie géométrique (le réseau ponctuel ; les différentes mailles ; la symétrie du réseau ; la symétrie ponctuelle ; la symétrie spatiale ; la symétrie de couleur ; les plans réticulaires ; le réseau réciproque ; zone de Brillouin) 2. Cristallographie structurale (forces de liaison ; cristaux de gaz rares ; cristaux ioniques ; cristaux covalents ; cristaux métalliques ; cristaux à liaison par ponts d'hydrogène) 3. Introduction à la radiocristallographie

	<p>4. Approximations de Born-Oppenheimer et des électrons indépendants (séparation de la dynamique des noyaux et de celle des électrons ; effet d'écran ; effets d'échange et de corrélation).</p> <p>5. Potentiel périodique et structure de bande (théorème de Bloch ; densité d'états ; surface de Fermi ; métaux, isolants)</p> <p>6. Approximation des électrons quasi-libres (méthode de Born-Von Karman, repli de la parabole d'électrons libres dans la première zone de Brillouin ; réflexions de Bragg ; ouverture des gaps)</p> <p>7. Approximation des électrons fortement liés</p> <p>8. Propriétés thermiques des solides (approximation harmonique ; modes normaux de vibration ; chaînes monoatomique et diatomique ; modes acoustiques ; modes optiques ; modes transverses et longitudinaux ; concept de phonon ; exemples de structures de bandes de phonons pour différents solides ; chaleur spécifique ; effets d'anharmonicité ; dilatation thermique ; conductivité thermique)</p> <p>9. Dynamique des électrons dans le solide périodique (équations de mouvement ; effets des champs électriques et magnétiques ; masse effective ; courants d'électrons et de trous dans les bandes)</p> <p>10. Le gaz d'électrons libres (occupation des états quantiques ; énergie de Fermi ; influence de la température ; chaleur spécifique électronique)</p> <p>11. Semiconducteurs (schémas de bandes ; concentrations en porteurs libres ; dopage et niveau d'impuretés ; dispositifs : jonction p-n, LED, transistor)</p> <p>12. Transport de charge et de chaleur dans les métaux (conductivité électrique ; collisions électron-phonon ; effet Hall et magnéto-résistance ; conductivité thermique électronique)</p> <p>13. Propriétés magnétiques (introduction et panorama des propriétés magnétiques ; paramagnétisme du gaz d'électrons libres ; modèle de bande du ferromagnétisme ; anisotropies magnétiques ; cycles d'hystérésis)</p> <p>14. Supraconductivité (introduction : caractéristiques expérimentales et approches théoriques)</p>
Ressources en ligne	Moodle UCL
Bibliographie	<p>Cours magistraux : les documents du cours (slides, énoncés des séances d'exercices, syllabus) sont disponibles sur icampus.</p> <p>Quelques livres sont disponibles à la BST.</p>
Faculté ou entité en charge:	FYKI

Programmes / formations proposant cette unité d'enseignement (UE)				
Intitulé du programme	Sigle	Crédits	Prérequis	Acquis d'apprentissage
Bachelier en sciences de l'ingénieur, orientation ingénieur civil	FSA1BA	5	LMAPR1805	
Mineure en sciences de l'ingénieur: chimie et physique appliquées	LFYKI100I	5	LMAPR1805	