

Descriptif de cours pour LMAPR2471 (français)

Intitulé du cours [sigle] :	Phénomènes de transport dans les solides et les nanostructures [LMAPR 2471]
Volume (crédits ECTS et heures) :	5 ECTS [30 h + 30 h]
Quadrimestre :	2q
Enseignants :	CHARLIER Jean-Christophe; PIRAUX Luc (coordinateur)
Langue d'enseignement :	Français
Lieu de l'activité :	Louvain-la-Neuve
Ressources en lignes :	http://icampus.uclouvain.be/claroline/course/index.php?cid=MAPR2471
Prérequis :	Ce cours suppose acquises les notions de base de sciences des matériaux, en physique quantique, en physique statistique, et en physique des matériaux dispensées en bac 2 et en bac 3 (par exemple, dans les cours LMAPR1805, LMAPR1491, et LMAPR1492).
Thèmes abordés :	Ce cours fournit une description physique des principaux phénomènes de transport électrique et thermique et de la thermoélectricité dans les matériaux. Il introduit également les principaux concepts en spintronique et décrit les particularités du transport électronique dans des nanostructures et systèmes de basse dimensionalité, y compris les phénomènes quantiques. Finalement, les laboratoires permettent aux étudiants de se familiariser avec les dispositifs expérimentaux utilisés pour la mesure de ces propriétés de transport en fonction de la température et du champ magnétique.
Acquis d'apprentissage :	<p>Contribution du cours au référentiel du programme</p> <p>Axe N°1 : Socle de connaissances scientifiques et techniques : 1.1 et 1.3 Axe N°2 : Compétences d'engineering : 2.1 et 2.2 Axe N°3 : Compétences en R&D : 3.2 et 3.3 Axe N°4 : Conduite de projet : 4.2 et 4.4 Axe N°5 : Communication efficace : 5.3 et 5.4</p> <p>Acquis d'apprentissage spécifiques au cours</p> <p>À l'issue de ce cours, l'étudiant sera en mesure de :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Comparer les différentes classes de matériaux du point de vue de leurs propriétés de transport électrique et thermique; 2. Expliquer les mécanismes physiques qui régissent les conductivités électrique et thermique à l'échelle atomique ainsi que l'influence de la température et d'un champ magnétique; 3. Identifier les matériaux utiles pour la conversion thermoélectrique; 4. Décrire des dispositifs de mesures électrique et thermique; 5. Comprendre les fondements de la spintronique et identifier les architectures et matériaux utilisés ainsi que les principaux domaines d'applications; 6. Identifier les phénomènes quantiques responsables des différences fondamentales enregistrées dans les propriétés de transport de systèmes de basse dimensionnalité ainsi qu'à l'échelle moléculaire;

	<p>7. Relier les structures géométrique et électronique de nanostructures carbonées à leurs propriétés de transport;</p> <p>8. Appréhender par le biais de séances de laboratoires les méthodes expérimentales associées à la synthèse, la caractérisation et la mesure de propriétés de transport de matériaux ainsi que l'analyse des résultats obtenus.</p>
Modes d'évaluation des acquis d'apprentissage :	<p>Les étudiants seront évalués :</p> <ul style="list-style-type: none"> • individuellement et oralement sur base des objectifs particuliers annoncés précédemment; • en groupe sur base d'un rapport écrit du laboratoire.
Méthodes d'enseignement :	<p>Des enseignements magistraux (30h) alternent avec des séances de laboratoires autour de projets sélectionnés par les étudiants. Les laboratoires permettent l'apprentissage d'un éventail de méthodes expérimentales (synthèse de nanostructures, utilisation d'outils de caractérisation, réflexion autour d'un dispositif expérimental, mesure de propriétés de transport, analyse des données obtenues et lien avec la partie théorique).</p> <p>Les laboratoires portent sur une bonne quinzaine d'heures (8 séances d'une durée de deux heures chacune) et s'articulent autour de groupes de 3-4 étudiants. L'encadrement est assuré par des tuteurs tant pour le volet expérimental que pour l'analyse des résultats obtenus et la rédaction du rapport, ces 2 derniers volets couvrant la seconde partie du quadrimestre.</p>
Contenu :	<p><i>A : Matériaux massifs</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductivité électrique : Expressions théoriques - Comparaison entre métaux, semiconducteurs et semi-métaux - Mécanismes de collisions et dépendance en température - Lien avec la structure de bandes • Conductivité thermique : Expressions théoriques des contributions électronique et du réseau - Mécanismes de collisions et dépendance en température – Comparaison entre différentes classes de matériaux • Introduction à la thermoélectricité : Effets Seebeck et Peltier – Influence du matériau – Conversion thermoélectrique • Aspects expérimentaux : dispositifs de mesures électriques et thermiques • Influence d'un champ magnétique : Effet d'un champ magnétique sur l'occupation des états électroniques et sur le transport électronique <p><i>B : Matériaux nanostructurés et systèmes de basse dimensionalité</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nanostructures magnétiques : Introduction à la spintronique, magnétorésistance géante dans des multicouches magnétiques, magnétorésistance tunnel dans des jonctions tunnel magnétiques, perspectives et applications de la spintronique • Systèmes 2D : Exemples de gaz électronique bidimensionnels, occupation des états électroniques, effet d'un champ magnétique, effet Hall quantique, effets de localisation faible et forte • Systèmes 1D : Exemples de gaz électronique unidimensionnels, occupation des états électroniques, transport diffusif et ballistique, effet d'un champ magnétique, fluctuations universelles de conductance, blocage de Coulomb, quantification de la conductance, effet Aharonov-Bohm • Systèmes 0D : Point quantique et exemples illustratifs, transistor à un électron, transport moléculaire
Bibliographie :	<p>Cours magistraux : les documents du cours (slides, articles de revue) sont disponibles sur icampus.</p> <p>Quelques livres sont disponibles à la BST.</p>
Autres informations :	
Cycle et année d'étude :	1e année de master en Sciences de l'Ingénieur, orientation Ingénieur civil

**Faculté ou entité en
charge :**

EPL/FYKI

Course description for LMAPR2471 (English)

Tilte of the course [sigle]:	Transport phenomena in solids and nanostructures [LMAPR 2471]
Volume (credits ECTS and hours):	5 ECTS [30 h + 30 h]
Quadrimestre:	2q
Teachers:	CHARLIER Jean-Christophe; PIRAUX Luc (coordinateur)
Language:	French
Place of the course:	Louvain-la-Neuve
Online resources:	http://icampus.uclouvain.be/claroline/course/index.php?cid=MAPR2471
Prerequisite:	For this lecture, it is assumed that the students have already acquired the basic concepts of materials sciences, quantum physics, statistical physics, and materials physics taught in bac 2 and in bac 3 (for example, in the lectures LMAPR1805, LMAPR1491, and LMAPR1492).
Main themes:	This lecture provides an overview of the main physical phenomena linked to electrical and thermal transport as well as thermoelectric effects in materials. It also give an introduction to spintronics and introduces the key features of electrical transport in nanostructures and low-dimensional systems, including quantum phenomena. Finally, laboratories allow the students to become acquainted with the experimental setup used for the measurements of transport properties as a function of temperature and magnetic field.
Learning outcomes:	<p>Contribution of the course to the program objectives</p> <p>Specific learning outcomes of the course</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. To compare the different types of materials when considering their thermal and electrical properties; 2. To explain the physical mechanisms involved at the nanoscale for the electrical and thermal conductivity as well as the temperature and magnetic field dependences; 3. To identify the useful materials for thermoelectric conversion; 4. To describe the experimental set-up for electrical and thermal measurements; 5. To comprehend the theoretical foundations of spintronics and to identify the useful materials and their principal applications; 6. To identify the quantum phenomena responsible for the new transport properties observed in nanostructures and low-dimensional systems; 7. To relate the transport properties of carbon nanostructures with their geometrical and electronic structure; 8. To become acquainted with the experimental setup used for the synthesis, characterisation and measurements of transport properties as well as the analysis of the results.
Evaluation methods:	<p>The students will be evaluated :</p> <ul style="list-style-type: none"> • individually through a written exam on the basis of precise objectives defined and announced in advance;

	<ul style="list-style-type: none"> by group on the basis of the written report of the practical labs.
Teaching methods:	Lectures (30 hours) alternate with practical labs totaling 30 hours on chosen subjects by the students. The practical labs enable to develop skills in various experimental methods (synthesis of nanostructures, use of characterization tools, design of an experimental set-up for electrical and thermal transport measurements , links between experimental results and theoretical knowledge). The class has about 8 weeks of practical labs for 2 hours each into groups of 3-4 students ; the remaining 6 weeks are mostly dedicated to tutoring sessions and guidance on the writing of the report.
Content:	<p><i>A : Bulk materials</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Electrical conductivity : Theoretical expressions - Comparison between metals, semiconductors and semi-metals – Scattering mechanisms and temperature dependence – Link with band structure Thermal conductivity : Theoretical expressions for lattice and electronic thermal conductivity – Scattering mechanisms and temperature dependence - Comparison between different types of materials Introduction to thermoelectricity : Seebeck et Peltier effects – Influence of material - Thermoelectric conversion Experimental aspects: Set-up for electrical and thermal measurements Influence of magnetic field : Effect of a magnetic field quantum states of the electron gas and on the electron transport <p><i>B : Nanostructured materials and low-dimensional systems</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Magnetic nanostructures : Introduction to spintronics, giant magnetoresistance in magnetic multilayers, tunneling magnetoresistance in magnetic tunnel junctions, prospects and concrete applications in spintronics 2D systems: Examples of two-dimensional electron gas, density of states, influence of a magnetic field, quantum Hall effect, weak/strong localisation 1D systems: Examples of one-dimensional electron gas, density of states, diffusive and ballistic transport, influence of a magnetic field, universal fluctuations of conductance, Coulomb blockade, quantization of conductance, Aharonov-Bohm effect 0D systems: Examples of quantum dots, single-electron transistor, molecular transport
Bibliography:	<p>Various documents related to the lectures (slides, review articles) are available on icampus.</p> <p>Some books may also be found at the BST.</p>
Other information:	
Cycle and year of study:	1st year of master in Engineering Sciences
Faculty or entity in charge:	EPL/FYKI