MASTER OF SCIENCE IN ENGINEERING

Description du module, disponible en: FR

Physique des matériaux et des dispositifs électroniques

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

FTP_Physics

Valable pour l'année académique

2026-27

Dernière modification

2025-09-25

Coordinateur/coordinatrice du module

Stefan Hengsberger (HES-SO, stefan.hengsberger@hefr.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- L'enseignement est dispensé dans la langue indiquée ci-dessous pour chaque site et chaque exécution du module.
- Les supports de cours sont disponibles dans les langues indiquées ci-dessous pour chaque site et chaque exécution du module. Lorsque plusieurs langues sont utilisées, la proportion de contenu disponible dans chaque langue est précisée (100 % = ensemble des supports de cours).
- Les examens (questions et réponses) sont entièrement rédigés dans la langue indiquée ci-dessous pour le site et l'exécution du module concernés. Ils se déroulent en présentiel.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Leçons		**X** F 100%					
Documentation		**X** F 100%	**X** E 100%				
Examen		**X** F 100%					

Catégorie de module

FTP bases théoriques élargies

Recommandations de profil

Ce module est recommandé pour les profils suivants :

	Lausanne
Profil	Mic

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Les étudiants-e-s connaissent les bases de la physique. Notamment les concepts comme l'énergie, la force, l'énergie thermique k_BT, la chaleur spécifique, les oscillations, la fréquence de résonance, les ondes, les vecteurs du champ électromagnétique: **E**, **D**, **B** and **H**, la capacité électrique C, la constante diélectrique eps_r , le model de Bohr des atomes ainsi que la notion des orbitales atomiques sont obligatoires. De plus, des simples équations différentielles et les nombres complexes, en particulier e^{-iwt} sont aussi nécessaires.

Brève description du contenu et des objectifs

Les étudiants-e-s comprennent et savent appliquer les principes de base des composants électroniques et des dispositifs techniques importants, en faisant appel aux propriétés des matériaux et en appliquant des concepts microscopiques. Ces concepts comprennent les électrons et les trous dans les solides, les bandes d'énergie des métaux et semi-conducteurs, le mécanisme de polarisation dans les matériaux piézoélectriques et diélectriques, les dipôles élémentaires dans la matière magnétique et l'accouplage des électrons dans les supraconducteurs (paires de Cooper). Ces concepts permettront de discuter des applications actuelles, notamment les thermocouples, les cellules solaires photovoltaïques, les diodes luminescentes (LED), les actuateurs piézo-électriques, les capteurs et les systèmes de stockage de données magnétiques. Le module permettra aux étudiant-e-s de comprendre des concepts modernes dans le domaine des technologies innovatrices et de les utiliser à l'avenir.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

Les étudiants-e-s

- connaissent les principes de base de la cristallographie, les réseaux de Bravais ainsi que les différents défaut au sein des cristaux.
- comprennent la conductivité thermique et électrique dans les solides sur la base de la description cinétique des particules
- connaissent les principes de base de la mécanique quantique et savent appliquer l'équation de Schrödinger
- savent mettre en relation la conductivité thermique et électrique par le biais des modèles microscopiques
- sont capables d'expliquer les principes des thermocouples, des diodes et des Lasers en utilisant les notions de bandes d'énergie, énergie de Fermi, potentiel de contact et l'émission stimulée.
- savent expliquer l'origine physique et la réalisation technique de la résolution nanométrique des microscopes à balayage de surface (microscope à force atomique et microscope à effet tunnel)
- connaissent la classification des matériaux magnétiques et des exemples de leurs applications techniques
- comprennent la différence entre l'effet Meissner d'un supraconducteur et le comportement de la matière parfaitement diamagnétique
- sont capables de résoudre des problèmes quantitatifs exemplaires en relation avec toute la matière du module

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

Sont étudiés des concepts élémentaires concernant les propriétés des matériaux, en mettant l'accent sur les applications.

Le module se divise en cinq parties avec une pondération équivalente:

1. Cristallographie et mécanique quantique
    - Principes de base de la cristallographie, réseaux de Bravais
    - Défauts dans les cristaux
    - Principes de base de la mécanique quantique, effet photoélectrique et Compton
    - Application de l'équation de Schrödinger
2. Concept de la conductivité thermique et électrique dans les solides
    - Fluctuation thermique, bruit et activation thermique (diagrammes d'Arrhenius)
    - Conductivité thermique (loi de Wiedemann-Franz)
    - Conductivité électrique (modèle de Drude, vitesse de dérive, temps de relaxation)
    - Dépendance de la température de la résistivité des métaux parfaits
3. Concept des bandes énergétiques dans les semi-conducteurs, métaux et isolants
    - Electrons et trous, masse effective de l'électron
    - Dopage: type n, type p
    - Ensembles de particules, statistique de Fermi-Dirac
    - Contacts: jonction idéale p-n (diode), contact entre métaux pures, thermocouples
    - Dispositifs techniques: cellule solaire photovoltaïque, diode luminescente (LED), laser semi-conducteur
4. Matériaux piézoélectriques et diélectriques
    - Mécanismes de polarisation
    - Piézoélectricité, actuateurs et capteurs, microscope à effet tunnel et microscope à force atomique (STM/AFM)
    - Constante diélectrique et sa dépendance de la fréquence
    - Indice de réfraction et dispersion
    - Absorption de lumière
5. Propriétés magnétiques et supraconductivité
    - Magnétisation et perméabilité magnétique
    - Classification des matériaux magnétiques: diamagnétiques, paramagnétiques, ferromagnétiques, antiferromagnétiques, ferrimagnétiques
    - Domaines magnétiques et stockage de données par voie magnétique
    - Supraconductivité: résistance zéro et densité de courant critique, applications des champs magnétiques importants
    - Mesure du champ magnétique: effet de Hall, quantification du flux magnétique et SQUID (Superconducting Quantum Interference Device)

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Enseignement direct: présentation et discussion des concepts fondamentaux

Exercices: résolution quantitative de problèmes et analyse des concepts physiques des dispositifs d'application technologique

Etudes autonomes en utilisant un livre défini

Bibliographie

Principles of Electronic Materials and Devices, Safa O. Kasap, McGraw Hill

Evaluation

Évaluation supplémentaire pendant le semestre

Le module ne comprend pas d'évaluation supplémentaire pendant le semestre

Principe pour les examens

En règle générale, tous les examens réguliers de fin de module se déroulent sous forme écrite. Concernant les examens de répétition, leur format (écrit ou oral) sera communiqué par l'enseignant-e en même temps que le calendrier des examens.

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

Examen écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Calculatrice et livre de référence (imprimée ou pdf)

---

appareils de télécommunication

conditions particulières pour les examens online: pas de restriction

Autres aides autorisées

Calculatrice, papier, crayon et dictionnaire (en forme de livre).

conditions particulières pour les examens online: pas de restriction

Exception : En cas d'examen électronique sur Moodle, des modifications des aides autorisées peuvent survenir. Dans ce cas, les aides autorisées seront annoncées par les enseignant-e-s avant l'examen.

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Sans aides