



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

ФІЗИКА ТВЕРДОГО ТІЛА



Шифр та назва спеціальності

105 – Прикладна фізика та наноматеріали

Інститут

ННІ Комп'ютерного моделювання, прикладної фізики та математики

Освітня програма

Прикладна фізика та наноматеріали для енергетики, медицини, радіоелектроніки та телекомунікацій

Кафедра

Фізики металів та напівпровідників (165)

Рівень освіти

магістр

Тип дисципліни

Спеціальна (фахова) підготовка

Семестр

1

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Конотопський Леонід Євгенович

Leonid.Konotopsky@khp.edu.ua

Кандидат фізико-математичних наук, науковий співробітник, старший викладач кафедри фізики металів та напівпровідників НТУ "ХПІ".

Стаж роботи 11 років, автор 18 наукових праць, лектор з дисциплін:

Дефекти кристалічної будови та теорія міцності, Методи оптимізації функцій, Алгоритми та структури даних, Методи математичної фізики, Фізика твердого тіла.

Детальніше про викладача на сайті кафедри

Загальна інформація

Анотація

Курс «Фізика твердого тіла» спрямований на глибоке вивчення фундаментальних фізичних властивостей твердих тіл та механізмів, що визначають їх поведінку. У рамках курсу розглядаються базові моделі металів, напівпровідників і діелектриків, принципи утворення кристалічних решіток, зонна структура, квантово-механічні процеси, що відбуваються у твердих тілах, та їхній вплив на електричні, теплові і магнітні властивості матеріалів. Студенти отримують глибоке розуміння методів дослідження і моделювання властивостей твердих тіл, а також їх практичного застосування у технологіях, таких як мікроелектроніка, нанотехнології та нові матеріали.

Особливу увагу приділено теорії кристалічної та оберненої решіток, дифракційним методам, зонній теорії твердих тіл, квантовим ефектам у металах, напівпровідниках і діелектриках, а також методам розрахунку зонної структури. Також курс включає сучасні аспекти, такі як фізика квазікристалів, що мають аперіодичну структуру та новітні властивості, зокрема термостійкість і унікальну електропровідність, що робить їх перспективними для інноваційних матеріалів.

Мета та цілі дисципліни

Дисципліна спрямована на формування у студентів аналітичних навичок і підготовку до наукових досліджень у галузі матеріалознавства, нанотехнологій, електроніки та новітніх матеріалів для різних галузей промисловості.

Цілі дисципліни: набуття фундаментальних знань; ознайомлення із основними теоріями та моделями фізики твердого тіла, зокрема моделлю вільних електронів, зонною теорією, теорією кристалічної та оберненої решітки; вивчити механізми електричних, теплових, магнітних та оптичних властивостей твердих тіл; розвинути здатність аналізувати поведінку твердих тіл на основі отриманих теоретичних знань; навчитися застосовувати фізичні закони і моделі для вирішення прикладних задач у сфері мікроелектроніки, нанотехнологій та матеріалознавства; ознайомити студентів із фізичними властивостями сучасних матеріалів, таких як квазікристали, наноструктуровані матеріали, а також з їхніми застосуваннями у високотехнологічних галузях.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Індивідуальне розрахункове завдання. Підсумковий контроль – іспит.

Компетентності

СК1 Здатність виконувати аналіз спеціальної літератури, формулювати постановку наукової або науково-технічної задачі, обирати методи та методика, складати програми наукових досліджень та науково-технічних розробок у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

СК4. Здатність відповідно до поставленої задачі виконувати науково-технічні розробки в галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

СК5. Здатність самостійно опановувати нову апаратуру та технології, в тому числі із суміжних галузей, для розв'язання виробничих задач.

Результати навчання

РН2 Знаходити та аналізувати наукову та науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики та наноматеріалів із вітчизняних та зарубіжних джерел, в тому числі з використанням сучасних пошукових систем.

РН4. Встановлювати та аргументувати нові залежності між параметрами та характеристиками фізичних систем.

РН5. Ефективно працювати як індивідуально, так і в складі команди, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт у галузі прикладної фізики та наноматеріалів.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Математика, Фізика, Вступ до квантової механіки, Методи математичної фізики

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій.

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1 Теорія металів Друде

Основні припущення моделі Друде: рух електронів як ідеального газу.

Статична електропровідність металу: дрейф електронів у зовнішньому полі.

Ефект Холла: взаємодія електронів з магнітним полем, Холлів коефіцієнт.

Магнітоопір: зміна електропровідності під впливом магнітного поля.

Високочастотна електропровідність: поведінка електронів у змінних полях.

Теплопровідність металів: зв'язок між електронною провідністю і теплопровідністю (закон Відемана-Франца).

Тема 2. Теорія металів Зоммерфельда

Модель вільного електронного газу в металах: електронний газ у стані Фермі.

Термодинамічні властивості електронного газу: статистика Фермі — Дірака, енергія Фермі.

Розподіл Фермі — Дірака: принцип роботи вільного електронного газу при низьких і високих температурах.

Термодинамічні параметри електронного газу: теплоємність, ентропія і коефіцієнт розширення.

Теорія провідності Зоммерфельда: удосконалення моделі Друде.

Тема 3. Недоліки моделі вільних електронів

Обмеження класичної моделі: неврахування кристалічної структури матеріалу.

Квантово-механічні ефекти: пояснення деяких аномалій в поведінці металів.

Огляд основних припущень: модифікації моделі для врахування реальних ефектів.

Тема 4. Кристалічні ґратки

Визначення та властивості кристалічної ґратки: періодичність і симетрія.

ґратка Браве: 14 типів ґраток та їх особливості.

Нескінченні та кінцеві ґратки: відмінності та методи моделювання.

Примітивна комірка: визначення і методи побудови.

Координатне число: взаємодія атомів у кристалічній ґратці.

Тема 5. Обернена ґратка

Визначення оберненої ґратки: математичний опис періодичних структур.

Обернена ґратка Браве: побудова та основні властивості.

Перша зона Бріллюена: визначення і фізичний сенс.

Об'єм елементарної комірки оберненої ґратки: методи обчислення.

Тема 6. Кристалічні структури та дифракція

Умови дифракції за Бреггом: застосування рентгенівських променів.

Формулювання Лауе: умови дифракції на атомних площинах.

Геометричний структурний фактор: аналіз інтенсивності дифракційних максимумів.

Тема 7. Класифікація ґраток Браве і кристалічних структур

Класифікація ґраток Браве: кристалічні системи та їх характеристики.

Точкові та просторові групи симетрії: основні принципи класифікації.

Приклади серед хімічних елементів: метали, напівпровідники, діелектрики.

Тема 8. Квазікристали

Визначення та історія відкриття: особливості структури квазікристалів.

Аперіодичні структури: особливості, відмінність від кристалічних ґраток.

Ікосаедральна симетрія: приклади квазікристалів з 5-кратною симетрією.

Властивості квазікристалів: термостійкість, електропровідність, механічні властивості.

Застосування: нові матеріали для інженерії та технологій.

Тема 9. Рівні електронів у періодичному потенціалі

Пояснення періодичного потенціалу кристалічної ґратки.

Теорема Блоха: електронні хвильові функції в кристалі.

Умови Борна — Кармана: розв'язок хвильових рівнянь в обмежених об'ємах.

Тема 10. Полукласична модель електронів

Рівняння руху електронів: аналіз вільного електронного газу.

Наближення часу релаксації: його застосування до моделей провідності.

Тема 11. Напівкласична теорія провідності

Провідність металів: наближення рівнянь для часткових випадків.

Ефекти Холла та магнітоопір: їх застосування у напівкласичних моделях.

Тема 12. Дифракція на поліатомних кристалах

Атомний форм-фактор: вплив атомів на дифракцію рентгенівських променів.
Формулювання Брегга та Лауе для поліатомних кристалів.

Тема 6. Зв'язок зонної структури і властивостей матеріалів

Зв'язок між електронною структурою і властивостями матеріалів: аналіз металів і напівпровідників.

Вплив дефектів решітки на провідність і механічні властивості.

Теми практичних занять

Розрахунки на основі закону Відемана-Франца;
побудова різних типів кристалічних решіток;
прикладні побудови обернених решіток;
розв'язання задач на прикладі реальних матеріалів;
дослідження властивостей та застосування квазікристалів;
розв'язок рівнянь для електронів у кристалах;
побудова діаграм зонної структури;
розрахунок зонної структури різних матеріалів;
вирішення задач на основі напівкласичних рівнянь.

Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені.

Самостійна робота

Опрацювання лекційного матеріалу.

Підготовка до практичних занять.

Самостійне вивчення наступних тем: поглиблене вивчення статистики Фермі — Дірака; аналіз недоліків класичних теорій провідності; псевдопотенціали: наближення для зменшення складності розрахунків.

Виконання індивідуального розрахункового завдання «Аналіз фазової рентгенівської дифрактограми від тонкої плівки квазікристалу системи Ti-Zr-Ni», «Обчислення параметрів одномірного кристалу (багатошарового рентгенівського дзеркала) з малокутової рентгенівської дифрактограми» (одне з двох на вибір) та його захист..

Література та навчальні матеріали

Основна література

1. Поплавко Ю. М. П Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. / Ю. М. Поплавко. –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетика. – 415 с. – Бібліогр. : с. 414–415.
2. І., Кісельов Є.М. Фізика твердого тіла. Навчальний посібник –. ЗДІА, Запоріжжя, 2018. – 145 с.
3. Ashcroft, Neil W. Solid state physics. 1. Solids. I. Mermin, N. David, joint author. II. Title. QC176.A83. 530.4'1. 74-9772. ISBN 0-03-083993-9

Додаткова література

1. Solid State Physics: An Introduction, Second Edition. Philip Hofmann. © 2015 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Published 2015 by Wiley-VCH Verlag GmbH & Co 260 pages
2. Kittel, Charles. Introduction to solid state physics / Charles Kittel.—8th ed. p. cm. ISBN 0-471-41526-X. Solid state physics. I. Title. QC176.K5 2005. 700 pages
3. Mihaly & Martin - Solid state physics - problems and solutions - Free ebook

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

Бали нараховуються за наступним співвідношенням:

- Присутність на лекціях - 20 балів;
- Розрахункове завдання та його захист – 40 балів;
- 2 контрольні роботи – 2*20=40 балів;
- Іспит – 60 балів. (виконання розрахункового завдання обов'язкове для доступу до іспиту)

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис

Завідувач кафедри
Сергій МАЛИХІН

Дата погодження, підпис

Гарант ОП
Сергій МАЛИХІН