



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

# Дефекти кристалічної будови та теорія міцності



### 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

бакалавр

### Тип дисципліни

Профільна підготовка

### Семестр

5

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Конотопський Леонід Євгенович

[Leonid.Konotopsky@khpi.edu.ua](mailto:Leonid.Konotopsky@khpi.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 математичної фізики, Фізика твердого тіла.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

У даній дисципліні викладена елементарна теорія точкових дефектів, дислокацій і меж зерен. Зазначені дефекти визначають найважливіші властивості металів і сплавів. Крім того курс лекцій передбачає розгляд природи, властивостей і поведінки вакансій, міжвузлових і домішкових атомів, крайових, гвинтових і змішаних, повних і часткових дислокацій, дефектів упаковки в типових кристалічних решітках металів. Багато уваги приділено модельним уявленням про розташування та рух атомів в області дефектів.

### Мета та цілі дисципліни

Одержати уявлення про будову реальних кристалів, основні види дефектів і їх роль у структурних перетвореннях, про механізми міцності та пластичності металевих матеріалів.

### Формат занять

Лекційні заняття та консультації. Підсумковий контроль - залік.

### Компетентності

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.  
ЗК06. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.  
СК02. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.  
СК06. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.  
СК07. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

## Результати навчання

Р01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.  
Р02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.  
Р03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.  
Р04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.  
Р05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.  
Р06. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.  
Р07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики  
Р9. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.

## Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 годин: лекції – 48 годин, самостійна робота – 72 години.

## Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Вища математика, Фізика, Кристалографія

## Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій.

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Тема 1 Вступ до дисципліни

Вступ. Іонні, ковалентні, ван-дер-ваальсівські та металеві кристали. Поняття дефекту. Класифікації дефектів.

#### Тема 2. Точкових дефектів

Види точкових дефектів. Викривлення ґратки довкола точкових дефектів. Термодинаміка точкових дефектів. Рівноважна концентрація точкових дефектів. Міграція (переміщення) вакансій, міжвузлових і домішкових атомів. Енергія активації самодифузії як сума енергій утворення та міграції вакансій. Джерела та стоки вакансій. Рівноважна концентрація точкових дефектів. Міграція (переміщення) вакансій, міжвузлових і домішкових атомів. Енергія активації самодифузії як сума енергій утворення та міграції вакансій. Джерела та стоки вакансій. Комплекси точкових дефектів. Поведінка вакансій при гартуванні та відпалі. Можливі причини підвищення

концентрації точкових дефектів. Радіаційні дефекти. Методи визначення концентрації вакансій, енергії їх утворення та міграції.

### Тема 3. Лінійні дефекти кристалічної структури

Основні типи дислокацій та їх рух. Кристалографія ковзання. Порівняння теоретичної та реальної міцності кристалів на зсув. Крайова дислокація, вектор Бюргерса, способи переміщення крайової дислокації. Гвинтова дислокація, її основні характеристики, ковзання гвинтової дислокації. Змішані та призматичні дислокації. Щільність дислокацій. Методи виявлення дислокацій. Енергія дислокації. Сили, що діють на дислокацію. Енергетичний критерій дислокаційних Повні та часткові дислокації в металах гранецентрованою кубічною граткою.

### Тема 4. Границі зерен та субзерен

Границі зерен як двомірний дефект. Границі нахилу та кручення. Дислокаційна модель малокутових симетричних і асиметричних границь. Міграція границь. Полігонізація. Енергія малокутової границі. Висококутові границі. Довільні та спеціальні границі. Зернограничні дислокації. Сила Пайєрлса. Гальмування дислокацій при взаємодії з іншими дислокаціями. Роль границь зерен у зміцненні.

### Теми практичних занять

Практичні заняття в рамках дисципліни не передбачені

### Теми лабораторних робіт

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені.

### Самостійна робота

Релаксація та дисторсія кристалічної гратки. Метод квазіхімічних реакцій. Застосування теорії ефективної маси до легуючих домішок в кремнії. Розрахунок коефіцієнтів дифузії для дефектів різних типів. Причини відхилень від співвідношення Ейнштейна для точкових дефектів. Причини дефектоутворення при опроміненні кристалу фотонами різних енергій. Підпорогові радіаційні дефекти. Порівняння ефективності дефектоутворення при опроміненні різними частинками. Оцінка співвідношень концентрацій дефектів у різних конфігураціях в залежності від температури..

### Література та навчальні матеріали

#### Основна література

1. Кишнякін В.С., Опанасюк А.С., Дядюра О.К. Основи фізичного матеріалознавства, Сумський державний університет, 2015, Ч.1., 329с.
2. Болеста І. Фізика твердого тіла. Львів, видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003, 480 с.
3. Третяк О.В., Лозовський В.З. Основи фізики напівпровідників: Підручник: У 2 т. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – Т. 1. – 338 с.
4. Поплавко Ю.М., Воронов С.О., Якименко Ю.І. Фізичне матеріалознавство, К.: НТУУ «КПІ», 2011. Ч. 3. Провідники та магнетики. 372 с
5. Царенко О.М. Основи фізики напівпровідників і напівпровідникових приладів: навчальний посібник. – Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2011. – 243 с
6. Оліх О.Я. Дефекти у напівпровідникових та діелектричних кристалах. Вінниця, ФОП Корзун Д.Ю., 2016, 152 с
7. Новіков М.М. Мікро- і макродеформація ковалентних кристалів. Курс лекцій для студентів фізичного факультету. К., Видавничий центр "Київський університет", 2000, 87 с.

#### Додаткова література

1. A. Kelly, G. W. Groves, P. Kidd Crystallography and Crystal Defects, John Wiley & Sons, 2000 - Science - 470 p.
2. Stoneham A. M.. Theory of Defects in Solids: Electronic Structure of Defects in Insulators and Semiconductors. Oxford U.P., New York, 1975, 955 pp.

3. 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, магнетики. – 415 с.

## Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

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



Завідувач кафедри  
Сергій МАЛИХІН



Гарант ОП  
Сергій КОЗЛОВ