

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра фізики металів

Затверджено

На засіданні кафедри фізики металів
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 9 від 29.08.2022 р.)

Завідувач кафедри



проф. Мудрий С. І.

**Силабус з навчальної дисципліни
«Сучасні методи дослідження дефектів у кристалах»,
що викладається в межах ОНП «Експериментальна фізика»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 104 Фізика та астрономія**

Львів 2022

Назва дисципліни	Сучасні методи дослідження дефектів у кристалах
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Фізичний факультет, кафедра фізики металів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія
Викладачі дисципліни	Лектор: Щерба Іван Дмитрович, професор кафедри фізики металів, доктор фізико-математичних наук; лабораторні заняття проводить Щерба Іван Дмитрович, професор кафедри фізики металів, доктор фізико-математичних наук.
Контактна інформація викладачів	ivan.shcherba@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/scherba
Консультації по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Telegram.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/suchasni-metody-doslidzhennia-defektiv-u-krystalakh-fizyka-ta-astronomiia
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Сучасні методи дослідження дефектів у кристалах» є нормативною дисципліною для підготовки магістрів за спеціальністю 104 Фізика та астрономія для другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається в 3 семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дану дисципліну розроблено таким чином, щоб навчити магістрів володіти сучасними дефектометричними методами для встановлення реальної природи дефектів у неорганічних матеріалах у залежності від хімічного вмісту компонент, технології виготовлення і послідових механічної та термічної обробки. Зокрема, становлення впливу дефектів на такі властивості, як міцність, електропровідність, гістерезисні ефекти в сегнетоелектриках та феромагнетиках. Водночас такі властивості, як густина, діелектрична проникливість, питома теплоємність, пружні характеристики, незначно залежать від наявності дефектів.
Мета та цілі дисципліни	Метою даної дисципліни є володіти сучасними дефектометричними методами для встановлення реальної природи дефектів у неорганічних матеріалах у залежності від хімічного вмісту компонент, технології виготовлення і послідових механічної та термічної обробки. Зокрема, встановлення впливу дефектів на такі властивості, як міцність, електропровідність, гістерезисні ефекти в сегнетоелектриках та феромагнетиках. Водночас такі властивості, як густина, діелектрична проникливість, питома теплоємність, пружні характеристики, незначно залежать від наявності дефектів. Навчити студентів визначати валентність рідкісноземельних елементів, котра пов'язана з наявністю дефектних 4f-рівнів.
Література для вивчення дисципліни	Базова: <ol style="list-style-type: none"> 1. Білокур І. П. Основи дефектоскопії: Підручник. — К.: «Азимут-Україна», 2004. — 496 с. 2. Білокур І. П. Елементи дефектоскопії при вивченні неруйнівного контролю. — К.: НМК ВО, 1990. — 252 с. 3. Щерба І.Д. Високоенергетична спектроскопія матеріалів. Посібник// ЛНУ імені Івана Франка МОН України. 2012, 249 с. 4. Іван Болеста Фізика твердого тіла. Навчальний посібник// ЛНУ імені Івана Франка МОН України. 2003, 480 с.

	<p>Допоміжна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. .Механіка руйнування і міцність матеріалів: довідник - посібник / [ред. В.В. Панасюка]. – К. : Наук. Думка, 1988. – 230 с. 6. .Цапенко В. К. Основи ультразвукового неруйнівного контролю / В. К. Цапенко, Ю. В. Куц. – К. : НТУУ „КПІ”, 2010. – 448 с. <p>Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 7. Інформаційні ресурси: 8. http://www.nbu.gov.ua/ – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського. 9. http://www.lsl.lviv.ua/ - Львівська національна наукова Бібліотека України імені В. Стефаника 10. https://lnulibrary.lviv.ua/ - Наукова бібліотека Львівського національного університету імені Івана Франка
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	90 годин, з яких 32 годин аудиторних занять (з них 16 годин лекцій, 16 годин лабораторних робіт) та 58 годин самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу магістри повинні:</p> <p>знати:</p> <p>Точкові дефекти в кристалах, вакансії та міжвузлові атоми, центри забарвлення, концентрацію дефектів, лінійні дефекти кристалічної структури, крайові та гвинтові дислокації, дислинації в кристалах та двовимірні дефекти.</p> <p>З метою визначення дефектів у будові кристалів сучасний дефектоскопічний комплекс фізичних методів і засобів не руйнуючого контролю якості матеріалів.</p> <p>вміти:</p> <p>За даними дифракційних методів (електронографія, РСА, структурна нейтронографія)</p> <ul style="list-style-type: none"> - визначати атомні конфігурації ядер і пружних полів дефектів. - за даними L_{III} – абсорбційної спектроскопії визначити валентність РЗЕ. <p>Встановлювати вплив дефектів на властивості кристалів, а саме на:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дифузійні явища (рух точкових дефектів) - пластичність (рух дислокацій і точкових дефектів) - руйнування (зародження і ріст тріщини при об'єднанні дислокацій) - рекристалізацію, двійникування, фазові перетворення (рух міжзеренних і міжфазних границь) - радіаційні явища(зміна властивостей кристалів під дією швидких частинок, що створюють точкові дефектів) - електричні, оптичні і інші властивості зумовлені взаємодією носіями заряду з дефектами.
Ключові слова	дефекти, дислокація, вакансія, дефектоскоп, кристал
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних занять та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у таблиці 1 та таблиці 2
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці 3-го семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу магістри потребують базових знань з матеріалознавства, достатніх для сприйняття категоріального апарату запропонованої дисципліни, розуміння джерел

<p>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</p>	<p>Використовуються такі методи навчання:</p> <p>а) словесні – лекція, пояснення, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт;</p> <p>б) наочні – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами та графіками;</p> <p>в) практичні – виконання лабораторних робіт, що передбачає організацію навчальної роботи для отримання нових знань, перевірки певних наукових гіпотез на рівні досліджень, узагальнень та аналізу та формування вмінь і навичок інтерпретації результатів досліджень різноманітних об’єктів.</p>
<p>Необхідне обладнання</p>	<p>Персональні комп’ютери, загальноживані комп’ютерні програми, спеціалізовані комп’ютерні програми для моделювання дефектів у кристалах, проектор та екран.</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30; • контрольні модулі: 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 20; • іспит: 50% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 50. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Академічна доброчесність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов’язані дотримуватися усіх строків, визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Усю література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на лабораторних та поточному тестуванні. При цьому обов’язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов’язаних із навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються</p>
<p>Питання до екзамену</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основи фізики дефектів у кристалах. 2. Метод оптичної дефектоскопії. 3. Модельовані структури. 4. Радіаційна дефектоскопія. 5. Точкові дефекти в кристалах. 6. Радіохвильова дефектоскопія. 7. Вакансії та між вузлові атоми.

	8. Магнітна дефектоскопія. 9. Механізми утворення і міграції дефектів у напівпровідниках. 10. Теплова дефектоскопія. 11. Основи нейтрографічного методу дослідження дефектів. 12. Акустична (ультразвукова) дефектоскопія. 13. Основи X-променевої діагностики дефектів. 14. Дифракційні методи: електроннографія. 15. Дифракційні методи: рентгеноструктурний аналіз. 16. Вплив дефектів на властивості кристалів. 17. Дефекти у спечених матеріалах. 18. Механіка руйнування і міцність матеріалів. 19. Дефекти у f-рівнях РЗЕ. 20. Зміна валентності РЗЕ від тиску.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Сучасні методи дослідження дефектів у кристалах»

Тижні	Тема занять	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1-2	Тема 1. Ідеальний кристал. Модельовані структури. Точкові дефекти в кристалах. Вакансії та між вузлові атоми. Концентрація дефектів. Домішкові рівні у напівпровідниках	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	2 тижні
3-4	Тема 2. Центри забарвлення. Лінійні дефекти кристалічної структури. Крайові дислокації. Гвинтові дислокації	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	2 тижні
5-6	Тема 3. Дисклинації в кристалах. Двовимірні дефекти. Поверхні кристала. Об'ємні дефекти	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	2 тижні
7-8	Тема 4. Оптична дефектоскопія. Радіаційна дефектоскопія. Радіохвильова дефектоскопія	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	2 тижні
9-10	Тема 5. Магнітна дефектоскопія. Теплова дефектоскопія	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	2 тижні
11-12	Тема 6. Дифракційні методи (електроннографія, РСА, структурна нейтронографія, L_{III} – абсорбційна спектроскопія.) Метод дифракційної мікрорентгенографії. Метод Ланга, трансмісійний метод Берга-Баретта, метод Бормана. Метод вибіркового травлення для вивчення дислокаційної структури	Лекції – 2 год, самостійна робота – 9 год	2 тижні
13-14	Тема 7. Вплив дефектів на властивості кристалів.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	2 тижні
15-16	Тема 8. Вплив дефектів на валентність іонів РЗЕ	Лекції – 2 год, самостійна робота – 7 год	2 тижні

Теми лабораторних занять

Тиждні	Назва теми	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1-2 3-4	Визначення розміру областей когерентного розсіяння за ефектом первинної екстинкції	лаб. заняття – 4 год	4 тижні
5-6 7-8	Визначення густини надлишкових дислокацій за розорієнтацією малокутових границь та розміром кристалічних блоків	лаб. заняття – 4 год	4 тижні
9-10 11- 12	Побудова кривих дифракційного відбивання монокристалів методом двохкристальної дифрактометрії	лаб. заняття – 4 год	4 тижні
13- 14	Аналіз дефектної структури та визначення хімічного складу епітаксialьних плівок	лаб. заняття – 2 год	2 тижні
15- 16	Рентгенівська діагностика дефектів мікроструктури монокристалів Si в залежності від умов термічної та радіаційної обробки	лаб. заняття – 2 год	2 тижні