

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

Затверджено

На засіданні кафедри загальної фізики
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 30.08.2023 р.)

Завідувач кафедри  проф. Стадник В.Й.

Силабус
з навчальної дисципліни «Фазові переходи у кристалічних системах»,
що викладається в межах
ОПП «Прикладна фізика та наноматеріали»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів з спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Львів 2023

Назва дисципліни	Фазові переходи у кристалічних системах
Адреса викладання дисципліни	вул. Драгоманова 19, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	фізичний факультет, кафедра загальної фізики
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 105 Прикладна фізика та наноматеріали
Викладач дисципліни	Лектор: Щепанський Павло Андрійович, доцент кафедри загальної фізики, к.ф.-м.н.; лабораторні заняття проводить: Щепанський П.А.
Контактна інформація викладача	pavlo.shchepanskyi@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/schepanskyj-p-a
Консультації з дисципліни відбуваються	Консультації в день проведення лекцій та лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або он-лайн засобами Microsoft Teams, Zoom.
Сторінка дисципліни	https://physics.lnu.edu.ua/course/fazovi-perehody-u-krystalichnyh-systemah-105-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy-prykladna-fizyka-ta-nanomaterialy
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Фазові переходи у кристалічних системах» є дисципліною вільного вибору студента для підготовки магістра за спеціальністю 105 «Прикладна фізика та наноматеріали», яка викладається в II семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Формування в майбутнього фізика цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних з процесами, які відбуваються у фізичній системі у випадку квантування енергії речовини та фазових переходів типу газ–рідина–тверде тіло та структурних фазових переходів у кристалах. В даному курсі акцент робиться на структурних фазових перетвореннях типу зміщення та лад-безлад, які супроводжуються зміною симетрії системи. Це передбачає виклад основ теорії термодинаміки, статистичної фізики та універсальних рівнянь стану для опису багатоманітності фазових перетворень з використанням параметрів порядку та коефіцієнтів розкладу термодинамічного потенціалу, а також динаміки кристалічної ґратки, поглиблення знань, отриманих в загальних курсах «Молекулярна фізика», «Електрика» та «Оптика», засвоєння математичного апарату термодинамічних процесів, вивчення теорії Ландау фазових переходів другого роду та критичні індексів. Предмет навчальної дисципліни включає основні поняття термодинаміки та квантової механіки. Програма навчальної дисципліни складається з трьох змістовних модулів. Розглядаються наступні проблеми: модель Ізінга; термодинамічні потенціали і рівняння стану; параметр порядку; коефіцієнти розкладу термодинамічного потенціалу при фазових переходах другого роду; залежності основних параметрів при фазових переходах другого роду; стрибки теплоємності та коефіцієнтів термічного розширення; структурні фазові переходи: переходи типу «зміщення», переходи типу лад-безлад; теорія Ландау фазових переходів другого роду.
Мета та цілі дисципліни	Метою курсу є навчити студентів самостійно розрізняти фазові переходи типу «лад-безлад» чи «зміщення» у кристалічних системах; робити висновки про зміну симетрії термодинамічної системи;

	записувати умови стійкості однокомпонентної та багатокомпонентних систем; розрізняти фазові переходи першого та другого родів. Студент повинен вміти проводити дослідження електричних, оптичних та механічних властивостей кристалів в околі фазових переходів.
Література для вивчення дисципліни	<p>Базова:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Стадник В.Й., Габа В.М. Рефрактометрія кристалів з несумірними фазами. Монографія. Львів: Ліга Прес. – 2010, 352 с. 2. Стадник В., Романюк М., Брезвін Р. Електронна поляризованість фероїків. Монографія. Львів: Вид-во ЛНУ. – 2014, 306 с. 3. А. Франів, В. Стадник, В. Курляк. Фізика низьких температур. Навч. посібник. Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка. – 2017, 364 с. 4. М. Рудиш, П. Щепанський, В. Стадник, Р. Брезвін. Зонна структура та рефрактивні параметри кристалів з ізотропною точкою. – Монографія. – Львів. – Видавничий центр ЛНУ. – 2022, 263 с. <p>Допоміжна:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Брезвін Р.С., Габа В.М., Романюк М.О., Стадник В.Й. Оптико-електронні параметри фероїків групи сульфатів та цинкатів. Монографія. Львів: Ліга Прес. – 2018, 242 с. 2. Стадник В., Капустяник В. Фізика діелектриків. Навч. посібник. Львів: Вид-во ЛНУ. – 2020, 336 с. 3. Романюк М.О. Кристалооптика. Навч. посібник. Львів: Вид-во ЛНУ ім. І. Франка. – 2018, 344 с.
Тривалість дисципліни	один семестр
Обсяг дисципліни	180 годин, з яких 48 години аудиторних занять, з них 16 годин лекцій, 32 години лабораторних занять та 132 години самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент повинен</p> <p>знати: умови стійкості та зміни симетрії під час фазових переходів; відмінність між фазовими переходами першого та другого родів; відмінність між фазовими переходами типу зміщення та типу впорядкування; зміну структури кристалів під час фазових переходів; вплив зовнішніх чинників на положення точки фазового переходу;</p> <p>вміти: визначати зміну основних оптичних та механічних параметрів у разі фазових переходів; розрізняти сегнетоелектричні та сегнетоеластичні переходи та зміну симетрії; аналізувати фазові переходи в кристалах з несумірною фазою; визначати поведінку оптичних властивостей в околі фазових переходів парафаза-несумірна-сумірна сегнетофаза; досліджувати вплив зовнішніх чинників (електричне поле, механічне навантаження) на поведінку точок фазових переходів; досліджувати фазовий перехід метал-напівпровідник; розрізняти фазові переходи, зумовлені електрон-фононою взаємодією.</p>
Ключові слова	Кристал, фазовий перехід першого та другого роду, сегнетоелектрична фаза, сегнетоеластична фаза, точкова та просторова симетрія
Формат дисципліни	Очний
	проведення лекцій та лабораторних робіт, а також консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у табл.1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру

Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з квантової механіки, математичного, векторного та тензорного аналізів.
Навчальні методи та техніки, які буде використано під час викладання дисципліни	Презентація, лекції, лабораторні роботи.
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні заняття: 70% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 70 (7 лабораторних робіт по 10 балів); • контрольна робота 30% семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 30. <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 практичних 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>
Питання на контрольну роботу	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фазові переходи і симетрія системи. Умова стійкості однокомпонентної системи. 2. Модель Ізінга. Ґратковий газ. Частковий випадок. 3. Класифікація фазових переходів. 4. Термодинамічні потенціали і рівняння стану.

	<ol style="list-style-type: none"> 5. Багатоманітність фазових переходів другого роду і універсальність їх опису. 6. Параметр порядку. Коефіцієнти розкладу термодинамічного потенціалу під час фазових переходів другого роду. 7. Зміна основних параметрів під час фазових переходів другого роду. Стрибки теплоємності та коефіцієнтів термічного розширення. 8. Прояв флуктуаційної природи фазових переходів другого роду в явищах розсіювання світла поблизу критичної точки. 9. Фазові переходи першого роду, близькі до фазових переходів другого роду. 10. Термодинамічний потенціал при фазовому переході першого роду, близькому до фазового переходу другого роду. 11. Критична точка Кюрі. 12. Фазові переходи першого роду без втрати стійкості симетричної фази. 13. Переходи типу «зміщення». 14. Переходи типу лад-безлад. 15. Теорія Ландау фазових переходів другого роду. Критичні індекси теорії Ландау. 16. Вільна енергія і рівняння стану. 17. Сегнетоелектричні переходи і симетрія. Теорія Ландау для даних переходів. 18. Інваріант Ліфшиця. 19. Принцип Кюрі і можливі сегнетоелектричні переходи. 20. Фазові переходи в кристалах з несумірною фазою. 21. Поняття про несумірні фази. 22. Поведінка оптичних властивостей в околі фазових переходів парафаза-несумірна-сумірна сегнетофаза. 23. Вплив дефектів структури на критичну поведінку. 24. Вплив електричного поля та механічного навантаження на поведінку точок фазових переходів. 25. Температурно-баричні діаграми фазових переходів у кристалах. 26. Критична поведінка систем з дефектами структури типу «випадкової температури фазового переходу».
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1

Схема курсу «Фазові переходи у кристалічних системах»

Тиждень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Література	Термін виконання
1, 2, 3	Умова стійкості та зміни симетрії під час фазових переходів	Лекції – 3 год, лаб. заняття – 6 год., самост. робота – 24 год	Базова: 1, 2; Допоміжна: 2	3 тижні
4, 5, 6	Фазові переходи другого роду	Лекції – 3 год, лаб. заняття – 6 год., самост. робота – 24 год	Базова: 1, 3; Допоміжна: 2, 3	3 тижні
7, 8, 9	Фазові переходи першого роду	Лекції – 3 год, лаб. заняття – 6 год., самост. робота – 24 год	Базова: 1, 3; Допоміжна: 2, 3	3 тижні
10, 11, 12	Зміна структури кристалів під час фазових переходів	Лекції – 3 год, лаб. заняття – 6 год., самост. робота – 20 год	Базова: 1, 4; Допоміжна: 1, 2, 3	3 тижні
13, 14	Фазові переходи у фероїках	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год., самост. робота – 20 год	Базова: 2, 4; Допоміжна: 2, 3	2 тижні
15, 16	Вплив зовнішніх чинників на фазові перетворення	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год., самост. робота – 20 год	Базова: 2, 3, 4; Допоміжна: 1	2 тижні