

### АНОТАЦІЯ

Назва дисципліни / освітнього компонента	<b>ФІЗИКА ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ</b>
Освітня програма	Фізика та астрономія
Компонент освітньої програми	Вибірковий
Загальна кількість кредитів та кількість годин для вивчення дисципліни	3 кредити / 90 годин
Вид підсумкового контролю	Залік
Мова викладання	Українська
Викладач	доц. Максимцев Юрій Романович
CV викладача на сайті кафедри	<a href="https://kfamv.rshu.edu.ua/home/kolektyv-kafedry?view=article&amp;id=25:maksymtsev-yurii-romanovych&amp;catid=11">https://kfamv.rshu.edu.ua/home/kolektyv-kafedry?view=article&amp;id=25:maksymtsev-yurii-romanovych&amp;catid=11</a>
E-mail викладача	<a href="mailto:yurii.maksymtsev@rshu.edu.ua">yurii.maksymtsev@rshu.edu.ua</a>
Консультації	Четвер: 12.45 – 14.00 Аудиторія 206, Пластова 31

## МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна "Фізика фазових переходів" є однією з найбільш актуальних галузей сучасної фізики конденсованого стану та статистичної термодинаміки. Вона вивчає фундаментальні процеси стрибкоподібної зміни макроскопічних властивостей речовини при неперервній зміні зовнішніх параметрів, таких як температура, тиск або напруженість магнітного поля. Розуміння природи фазових перетворень є ключовим для розробки нових матеріалів із заданими властивостями, дослідження критичних явищ у наносистемах, а також для моделювання еволюції раннього Всесвіту, де фазові переходи відіграли вирішальну роль у формуванні сучасної структури матерії.

Головною метою вивчення дисципліни є формування у студентів глибокого розуміння термодинамічних та мікроскопічних механізмів, що зумовлюють перехід системи з одного фазового стану в інший. Курс спрямований на опанування концепцій параметрів порядку, симетрії та флуктуацій, які є універсальними для опису таких різномірних явищ, як кипіння рідин, виникнення феромагнетизму, поява надпровідності або кристалізація біологічних мембран. Особлива увага приділяється теорії Гінзбурга–Ландау та сучасним уявленням про скейлінг (масштабну інваріантність) і ренормгрупові підходи.

Основними завданнями навчальної дисципліни є: Вивчення термодинамічної класифікації фазових переходів за *Еренфестом* (переходи першого та другого роду) та їхнього зв'язку з аналітичними властивостями термодинамічних потенціалів. Опанування феноменологічної теорії Ландау, що базується на розкладі вільної енергії за степенями параметра порядку та аналізі спонтанного порушення симетрії. Дослідження мікроскопічних моделей фазових переходів, зокрема моделі *Ізінга*, для опису кооперативних явищ у магнітних та сегнетоелектричних системах. Вивчення критичних явищ, аналіз розбіжностей термодинамічних величин (сприйнятливості, теплоємності) та визначення критичних індексів. Аналіз впливу флуктуацій на стійкість фаз та вивчення ролі розмірності простору в існуванні далекого порядку (теорема *Мерміна–Вагнера*).

Ознайомлення з квантовими фазовими переходами, що відбуваються при абсолютному нулі температури під впливом квантових флуктуацій.

Об'єктом вивчення є багаточастинкові системи в околі точок фазових перетворень. Предметом дисципліни є загальні закономірності перебудови структури та властивостей речовини, теорії критичного стану та методи математичного опису колективної поведінки атомів і молекул.

## **ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Тематика лекційних занять (16 годин).**

*Лекція 1. Термодинаміка фазових перетворень.* Поняття фази та фазової рівноваги. Умови рівноваги Гіббса. Класифікація фазових переходів за Еренфестом. Рівняння Клапейрона–Клаузіуса.

*Лекція 2. Фазові переходи першого роду.* Метастабільні стани. Процеси зародкоутворення та росту нової фази. Поняття гістерезису та спінодального розпаду.

*Лекція 3. Феноменологічна теорія Ландау.* Параметр порядку та симетрія системи. Розклад термодинамічного потенціалу. Аналіз фазових переходів другого роду. Точка Кюрі.

*Лекція 4. Теорія Гінзбурга–Ландау та неоднорідні стани.* Врахування просторових флуктуацій параметра порядку. Кореляційна довжина та її критична поведінка.

*Лекція 5. Статистичні моделі кооперативних явищ.* Огляд моделі Ізінга в різних розмірностях. Наближення молекулярного поля та його межі застосовності.

*Лекція 6. Критичні явища та теорія скейлінгу.* Критичні індекси та універсальність. Гіпотеза масштабування термодинамічних функцій. Рівняння стану в критичній області.

*Лекція 7. Ренормгруповий підхід у теорії фазових переходів.* Ідея перетворення масштабів. Фіксовані точки та траєкторії. Обчислення критичних індексів (епсилон-розклад).

**Лекція 8. Специфічні та квантові фазові переходи.** Топологічні переходи (Березинського–Костерліца–Таулеса). Вступ до квантових фазових переходів у надпровідниках та надплинних рідинах.

**Тематика практичних занять (14 годин).**

**Практичне заняття 1.** Аналіз фазових діаграм. Розрахунок ліній співіснування фаз для реальних речовин. Робота з рівнянням Ван-дер-Ваальса.

**Практичне заняття 2.** Застосування теорії Ландау. Визначення стрибків теплоємності та сприйнятливості в околі точки переходу для сегнетоелектриків.

**Практичне заняття 3.** Розрахунки в наближенні середнього поля. Знаходження температури переходу та намагніченості для феромагнетиків у моделі Вейсса.

**Практичне заняття 4.** Критичні індекси та співвідношення між ними. Перевірка нерівностей Раїмбука та Гріффітса на основі експериментальних даних.

**Практичне заняття 5.** Енергія межі поділу фаз. Розрахунок поверхневого натягу та критичного радіуса зародка при кристалізації.

**Практичне заняття 6.** Моделювання моделі Ізінга. Алгоритмічний аналіз (метод Монте-Карло) для візуалізації фазового переходу порядок-безпорядок.

**Практичне заняття 7.** Аналіз експериментів у критичній точці. Опрацювання даних з розсіяння світла або нейтронів для визначення кореляційної довжини.