

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра молекулярної фізики



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ<sup>1</sup>**

**ФАЗОВІ ПЕРЕХОДИ**

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки  
(шифр і назва)  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
(шифр і назва спеціальності)  
освітній рівень бакалавр  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма Фізика  
(назва освітньої програми)  
спеціалізований  
вибірковий блок Молекулярна фізика  
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2021/2022</u>
Семестр	<u>8</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: професор Гаврюшенко Дмитро Анатолійович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 2021/2022 н.р. Момот О.В. «20» 08 2021 р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_»\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробники<sup>2</sup>:

Гаврюшенко Дмитро Анатолійович, доктор фіз.-мат. наук, професор,  
професор кафедри молекулярної фізики  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Зав. кафедри молекулярної фізики

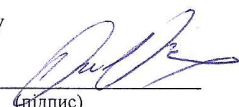
  
\_\_\_\_\_  
(підпис) (Булавін Л.А.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 16 від «10» червня 2021 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії

  
\_\_\_\_\_  
(підпис) (Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року

---

<sup>2</sup> Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

Розробники<sup>2</sup>:

Гаврюшенко Дмитро Анатолійович, доктор фіз.-мат. наук, професор,  
професор кафедри молекулярної фізики  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри молекулярної фізики

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Булавін Л.А.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 16 від «10» червня 2021 р.

**Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету**

Протокол № 4 від «22» червня 2021 року

Голова науково-методичної комісії

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Оліх О.Я.)  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

---

<sup>2</sup> Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – оволодіння сучасними методами фізики фазових переходів, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретації експериментів.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знати основні поняття курсів «Математичний аналіз», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра», «Тензорне та векторне числення», «Математична фізика», «ТФКЗ», «Класична механіка», «Термодинаміка», «Статистична фізика та термодинаміка».
2. Вміти логічно і послідовно формулювати основні положення і закони молекулярної фізики та термодинаміки; працювати з основними законами збереження механічних величин; вільно оперувати поняттями математичного аналізу і застосовувати їх до фізичних проблем.
3. Володіти елементарними навичками отримання і аналізу інформації, елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, побудови розв'язку алгебраїчних і диференціальних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.

**3. Анотація навчальної дисципліни / референс:**

Предмет навчальної дисципліни «Фазові переходи» включає основи сучасної теорії фазових переходів, застосування цієї теорії для опису поведінки систем при дії різних зовнішніх факторів: температури, зовнішнього поля та ін. Мета вивчення дисципліни – оволодіння сучасними методами фізики фазових переходів, теоретичними положеннями та основними застосуваннями цих методів при постановці та інтерпретації експериментів. Результати навчання полягають в умінні застосовувати теорії фазових переходів для інтерпретації експериментів по розсіянню світла та нейтронів, розв'язку задач молекулярної фізики, пов'язаних з явищами випаровування, плавлення тощо. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, перевірка домашніх завдань, колоквиум, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – оволодіння методами і принципами необхідними в майбутній практичній діяльності фахівця, вміннями і навичками застосування теорії фазових переходів для інтерпретації експериментів по розсіянню світла та нейтронів, розв'язку задач молекулярної фізики, пов'язаних з явищами випаровування, плавлення тощо.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія»), ОНП «Фізика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

### **Інтегральних:**

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

### **Загальних:**

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

### **Фахових:**

- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та

астрономії.

- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації

**5. Результати навчання за дисципліною:** (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

<i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*)		<i>Методи викладання і навчання</i>	<i>Методи оцінювання</i>	<i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i>
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні відомості про фазові переходи. Знати основні відомості про критичні явища. Знати статистичну теорію фазових переходів. Знати теорію переходів рідина-пара, парамагнетик-ферромагнетик.	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Колоквіум, опитування в процесі лекції, перевірка домашніх завдань, іспит.</i>	50
2.1	Логічно і послідовно формулювати основні принципи і закони фізики фазових переходів. Застосовувати принципи фізики фазових переходів при вивченні багатоконпонентних систем. Розраховувати критичні індекси. Застосування статистичної теорії для інтерпретації експериментів по розсіянню світла та нейтронів.	<i>Лекції, самостійна робота</i>	<i>Колоквіум, опитування в процесі лекції, перевірка домашніх завдань, іспит.</i>	50

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін)

<b>Результати навчання дисципліни</b>	<b>1.1</b>	<b>2.1</b>
<b>Програмні результати навчання</b>		
ПРН1. Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та астрономії	+	+
ПРН2. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних	+	

\* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.		
ПРН8. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.		+
ПРН13. Розуміти зв'язок фізики та астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.	+	

## 7. Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. Колоквіум 1 (12 балів-20 балів). Виконання домашніх завдань (3 бали-5 балів). Усна відповідь (3 бали-5 балів).
2. Колоквіум 2 (12 балів-20 балів). Виконання домашніх завдань (3 бали-5 балів). Усна відповідь (3 бали-3 балів).

#### - підсумкове оцінювання у формі екзамену

### Підсумкове оцінювання у формі екзамену<sup>3</sup>: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	екзамен	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>24</b>	<b>60</b>
<b>Максимум</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

у випадку комплексного екзамену слід вказати питому вагу складових

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.<sup>4</sup>

*(слід чітко прописати умови, які висувуються викладачами даної дисципліни).*

Оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів** для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

<sup>3</sup> Семестрову кількість балів формують бали, отримані студентом у процесі теоретичного засвоєння матеріалу з усіх розділів дисципліни, семінарських занять, виконання практичних, лабораторних, індивідуальних, підсумкових контрольних робіт, творчих робіт впродовж семестру, передбачених робочою навчальною програмою (**100 балів** - для залікових дисциплін, у випадку, якщо дисципліна завершується екзаменом, то розподіл здійснюється за таким алгоритмом: **60 балів (60%) – семестровий контроль і 40 балів (40%) – екзамен**).

<sup>4</sup> У випадку, коли дисципліна завершується екзаменом не менше – **20 балів**, а рекомендований мінімум **не менше 36 балів**, оскільки якщо студент на екзамені набрав менше **24 балів** (а це 60% від 40 балів, відведених на екзамен), то вони **не додаються** до семестрової оцінки незалежно від кількості балів, отриманих під час семестру, а в екзаменаційній відомості у графі «результуюча оцінка» переноситься лише кількість балів, отриманих під час семестру.

8.1 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

#### Шкала відповідності

<b>Відмінно</b> / Excellent	90-100
<b>Добре</b> / Good	75-89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60-74
<b>Незадовільно</b> з можливістю повторного складання / Fail	35-59
<b>Незадовільно</b> з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Epic Fail	0-34
<b>Зараховано</b> / Passed	60-100
<b>Не зараховано</b> / Fail	0-59

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	Самостійна робота
1	<b>Лекція 1. Предмет і метод курсу. Огляд фазових переходів в різних системах. Поняття параметра порядку.</b> Фазові переходи рідина-пара, феромагнетик-парамагнетик, порядок-безпорядок. Розмірність параметра порядку. <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [1,9].	2		4
2	<b>Лекція 2. Експериментальні дані про основні властивості однокомпонентних систем, які знаходяться в рівноважних станах.</b> Діаграма стану однокомпонентної речовини. Крива фазової рівноваги. <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [1, 8].	2		4
3	<b>Лекція 3. Двофазна рівновага. Метастабільні стани. Флуктуації поблизу точок фазових переходів.</b> Можливість існування метастабільних станів.	2		4

	<p>Флуктуаційна нестабільність в лабільній області.</p> <p><b>Завдання для самостійної роботи</b></p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.</p> <p>Література [1,3].</p>			
4	<p><b>Лекція 4. Рівняння Клапейрона-Клаузіуса. Потрійна точка. Правило фаз Гіббса. Класифікація фазових переходів.</b></p> <p>Неперервні фазові переходи та фазові переходи першого роду</p> <p><b>Завдання для самостійної роботи</b></p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.</p> <p>Література [1,8].</p>	2		4
5	<p><b>Лекція 5. Сингулярності похідних термодинамічних функцій поблизу критичних точок.</b></p> <p>Густині та польові термодинамічні змінні в однокомпонентних системах, поведінка їх похідних</p> <p><b>Завдання для самостійної роботи</b></p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.</p> <p>Література [1,5].</p>	2		4
6	<p><b>Лекція 6. Критичні індекси.</b></p> <p>Визначення критичних індексів термодинамічних величин.</p> <p><b>Завдання для самостійної роботи</b></p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.</p> <p>Література [5, 6,9].</p>	2		4
7	<p><b>Лекція 7. Моделі фазових переходів. Модель Ізінга.</b></p> <p>Введення моделі Ізінга. Критичні індекси моделі Ізінга</p> <p><b>Завдання для самостійної роботи</b></p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p> <p>2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.</p> <p>Література [1, 2, 6].</p>	2		4
8	<p><b>Лекція 8. Теорія середнього поля. Критичні індекси в теорії середнього поля.</b></p> <p>Обчислення критичних індексів в теорії середнього поля</p> <p><b>Завдання для самостійної роботи</b></p> <p>1. Вивчення матеріалу лекції.</p>	2		4



	2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [1, 2].			
9	<b>Лекція 9. Теорія Ван-дер-Ваальса критичних явищ.</b> Обчислення критичних індексів в теорії Ван-дер-Ваальса <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [9].	2		4
10	<b>Лекція 10. Теорія фазових переходів Ландау. Критерій Гінзбурга.</b> Обчислення критичних індексів в теорії фазових переходів Ландау. Застосування критерію Гінзбурга для опису критичних явищ. <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [5, 9].	2		4
11	<b>Лекція 11. Критерій Гінзбурга.</b> Застосування критерію Гінзбурга для опису критичних явищ. <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [5, 9].	2		4
12	<b>Лекція 12. Теорія Орнштейна-Церніке.</b> Розв'язок інтегрального рівняння Орнштейна-Церніке. <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [1, 5].	2		4
13	<b>Лекція 13. Критичні індекси теорії вільного поля флуктуацій.</b> Обчислення критичних індексів в теорії Орнштейна-Церніке <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [1, 5].	2		4
14	<b>Лекція 14. Кореляційна функція. Радіус кореляції.</b> Визначення критичних індексів кореляційної функції. <b>Завдання для самостійної роботи</b>	2		4

	<p>1. Вивчення матеріалу лекції.  2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.  Література [4, 5, 6].</p>			
15	<p><b>Лекція 15. Метод інтегральних рівнянь теорії рідкого стану та його застосування для опису фазових переходів.</b>  Обчислення критичних індексів в теорії Перкуса-Йєвіка та гіперланцюговій теорії.  <b>Завдання для самостійної роботи</b>  1. Вивчення матеріалу лекції.  2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.  Література [2].</p>	2		4
16	<p><b>Лекція 16. Масштабна теорія критичних явищ.</b>  Основи скейлінгу.  <b>Завдання для самостійної роботи</b>  1. Вивчення матеріалу лекції.  2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.  Література [2, 4, 5, 7].</p>	2		4
17	<p><b>Лекція 17. Співвідношення між критичними індексами.</b>  Виведення фундаментальних співвідношень між критичними індексами термодинамічних величин.  <b>Завдання для самостійної роботи</b>  1. Вивчення матеріалу лекції.  2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.  Література [9].</p>	2		4
18	<p><b>Лекція 18. Кореляційні функції в теорії масштабних перетворень. Методи ренорм-групи та <math>\epsilon</math>-розкладів.</b>  Виведення фундаментальних співвідношень між критичними індексами кореляційних функцій. Ознайомлення з методом ренормалізаційної групи.  <b>Завдання для самостійної роботи</b>  1. Вивчення матеріалу лекції.  2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення.  Література [2].</p>	2		4
19	<p><b>Лекція 19. Фрактальний характер флуктуацій.</b>  Поняття про фрактальні об'єкти та їх розмірність. Розмірність критичних флуктуацій.  <b>Завдання для самостійної роботи</b>  1. Вивчення матеріалу лекції.  2. Опрацювання матеріалу, що винесений на</p>	2		4

	самостійне вивчення. Література [5].			
20	<b>Лекція 20. Теорія Бреґга-Вільямса.</b> Вивчення статистичної теорії переходу порядок-безпорядок в бінарних сплавах. <b>Завдання для самостійної роботи</b> 1. Вивчення матеріалу лекції. 2. Опрацювання матеріалу, що винесений на самостійне вивчення. Література [1,2]	2		4
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>40</b>		<b>80</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг 120 год.**<sup>5</sup>, в тому числі:

Лекцій – **40 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **0 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації - **\_\_\_ год.**

Самостійна робота - **80 год.**

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>6</sup>:

**Основна:** (Базова)

1. Л.А. Булавін, В.М. Сисоєв. Фізика фазових переходів. Київ: ВПЦ Київський університет, 2010.
2. Л.А. Булавін, Д.А. Гаврюшенко, В.М. Сисоєв. Молекулярна фізика, Київ: «Знання», 2007.
3. I. Prigogine. Modern Thermodynamics: From Heat Engines to Dissipative Structures. Wiley & Sons, Incorporated, 2014.
4. J. Honig, J. Spałek. A Primer to the Theory of Critical Phenomena. Elsevier Science, 2017.
5. S. Stishov. Phase Transitions for Beginners. World scientific, 2018.
6. V.Fultz. Phase Transitions in Materials . Cambridge University Press, 2020.
7. M. Gitterman. Phase Transitions: Modern Applications. World Scientific, 2014.
8. І.Р. Юхновський. Фазові перетворення другого роду. Київ: Наукова думка, 1985.
9. R. Solé. Phase Transitions. Princeton university press, 2011.
10. P. Papon, J. Leblond, P.H.E. Meijer. The Physics of Phase Transitions. Concepts and Applications. Springer Berlin, Heidelberg, 2006.

<sup>5</sup> Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

<sup>6</sup> В тому числі Інтернет ресурси

*Додаткова:*

8. Ю.І. Шиманський. Термодинамічна теорія критичних явищ рідина-пара. Київ, видавництво КУ, 1998.
9. R. Braut. Phase Transitionsю (Benjamin, New York, N.Y. 1965.
10. Shang-keng Ma Modern Theory of Critical Phenomenaю Routledge, 2000.
11. M. V. Volkenstein, Molecular Biophysics. Academic Press, 2012.
12. H. Stanley. Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena (International Series of Monographs on Physics). Oxford University Press, 2020 (repr).