

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Волинський національний університет імені Лесі Українки**  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ  
ІМЕНІ А.В. СВДЗИНСЬКОГО

**СИЛАБУС**  
**вибіркового освітнього компонента**

**ТЕОРІЯ КРИТИЧНИХ ЯВИЩ**

**підготовки**

Магістра

**Луцьк – 2026**

**Силабус освітнього компонента «ТЕОРІЯ КРИТИЧНИХ ЯВИЩ»** підготовки магістра.

**Розробник: Вілігурський Олег Миколайович**, старший викладач кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського.

**Погоджено**

Гарант освітньо-професійної програми:



доц. Сахнюк В.Є.

**Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського протокол № 6 від 10 лютого 2026 р.**

Завідувач кафедри



доц. Сахнюк В.Є.

## I. Опис освітнього компонента

| Найменування показників                  | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень   | Характеристика освітнього компонента |
|--|--|--------------------------------------|
| Денна очна форма навчання                | <b>Е Природничі науки,<br/>Е5 Фізика та астрономія,<br/>Фізика та астрономія</b><br><br><b>Другий (магістерський)<br/>рівень</b> | <b>Нормативна</b>                    |
| Кількість годин/кредитів<br><b>120/4</b> |  | Рік навчання <b>1</b>                |
| ІНДЗ: <u>немає</u>                       |  | Семестр <b>2-ий</b>                  |
|  |  | Лекції <b>10</b> год.                |
|  |  | Практичні (семінари) <b>14</b> год.  |
|  |  | Самостійна робота <b>88</b> год.     |
|  |  | Консультації <b>8</b> год.           |
| Форма контролю: <b>залік</b>             |  |                                      |
| <b>Мова навчання</b>                     | українська   |                                      |

## II. Інформація про викладача

|   |   |
|---|---|
| Прізвище, ім'я та по батькові                 | Вілігурський Олег Миколайович   |
| Посада  | Старший викладач кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А.В. Свідзинського              |
| e-mail  | <a href="mailto:viligurskyj.oleg@vnu.edu.ua">viligurskyj.oleg@vnu.edu.ua</a>                      |
| Дні занять (посилання на електронний розклад) | <a href="http://94.130.69.82/cgi-bin/timetable.cgi">http://94.130.69.82/cgi-bin/timetable.cgi</a> |

## III. Опис освітнього компонента

### 1. Анотація курсу.

Курс спрямований на формування розуміння універсальних закономірностей поведінки фізичних систем поблизу точок фазових переходів. У межах курсу розглядаються поняття параметра порядку, симетрії та її спонтанного порушення, критичних індексів і масштабної інваріантності, гіпотеза універсальності, теорія Ландау, флуктуаційні ефекти, поняття

ренормгрупи і скейлінгу. Особлива увага приділяється теоріям Ван-дер-Ваальса, самоузгодженого поля і моделі Ізінга.

## **2. Мета і завдання освітнього компонента.**

**Метою** викладання освітнього компонента є сформувати у студентів системне та поглиблене розуміння природи критичних явищ і фазових переходів у фізичних та міждисциплінарних системах, ознайомити з сучасним теоретичним апаратом їх опису (масштабна інваріантність, універсальність, ренормгрупа), а також розвинути навички аналітичного й чисельного дослідження систем із критичною поведінкою.

### **Завдання освітнього компонента:**

- розкрити фізичний зміст фазових переходів різних порядків і ролі флуктуацій поблизу критичної точки;
- сформувати розуміння понять параметра порядку, симетрії та її спонтанного порушення;
- ознайомити з теорією Ландау та її обмеженнями;
- пояснити природу критичних індексів, скейлінгових співвідношень і гіпотези універсальності;
- вивчити основ ренормалізаційної групи як інструменту опису критичної поведінки;
- розвинути навички застосування чисельних методів (зокрема методів Монте-Карло) для моделювання критичних систем;
- навчити інтерпретувати експериментальні та обчислювальні дані з використанням концепцій теорії критичних явищ..

## **3. Soft skills**

Аналітичне та системне мислення – уміння бачити загальні закономірності в різних фізичних і міждисциплінарних системах, працювати з абстрактними моделями та узагальненнями.

Навички роботи з невизначеністю – здатність коректно інтерпретувати флуктуації, статистичні дані та результати чисельних експериментів.

Проблемно-орієнтоване мислення – уміння формулювати дослідницькі питання, висувати гіпотези та перевіряти їх теоретичними й чисельними методами.

Критичне мислення – оцінювання меж застосовності моделей (наприклад, теорії Ландау), аналіз припущень і наближень.

Навички наукової комунікації – здатність чітко презентувати складні теоретичні концепції, аргументовано вести дискусію та оформлювати результати досліджень.

Командна робота – співпраця під час виконання проєктів і обговорення моделей та результатів моделювання.

Самоорганізація та академічна доброчесність – планування дослідницької роботи, коректне використання джерел і даних.

Міждисциплінарність мислення – здатність переносити підходи теорії критичних явищ у суміжні галузі (матеріалознавство, біофізика, складні системи, соціальна динаміка).

#### 4. Структура освітнього компонента.

| Назви змістових модулів і тем   | Усього     | Лек.      | Практ.    | Сам. Роб. | Конс.    | *Форма контролю/ Бали |
|---|------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------------------|
| <b>ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Теорія критичних явищ</b>                          |            |           |           |           |          |                       |
| <b>Тема 1.</b> Термодинамічна теорія фазових переходів                    | 16         | 1         | 2         | 12        | 1        | ДС,ПР/10              |
| <b>Тема 2.</b> Моделі фазових переходів .                                 | 16         | 1         | 2         | 12        | 1        | ДС,ПР/10              |
| <b>Тема 3.</b> Метод середнього поля.                                     | 16         | 1         | 2         | 12        | 1        | ДС,ПР/10              |
| <b>Тема 4.</b> Теорія Ландау .  | 20         | 2         | 2         | 14        | 2        | ДС,ПР/10              |
| <b>Тема 5.</b> Флуктуаційна теорія фазових переходів                      | 16         | 1         | 2         | 12        | 1        | ДС,ПР/10              |
| <b>Тема 6.</b> Критичні індекси. Співвідношення між критичними індексами. | 18         | 2         | 2         | 14        | 1        | ДС,ПР/10              |
| <b>Тема 7.</b> Модель Ізінга.   | 18         | 2         | 2         | 12        | 1        | ДС,ПР/10              |
| <b>Разом за модулем 1</b>   | <b>120</b> | <b>10</b> | <b>14</b> | <b>88</b> | <b>8</b> | <b>70</b>             |
| Контрольна робота   |            |           |           |           |          | <b>30</b>             |
| <b>Всього годин/Балів</b>   | <b>120</b> | <b>10</b> | <b>14</b> | <b>88</b> | <b>8</b> |                       |
| <b>Всього балів</b>   |            |           |           |           |          | <b>100</b>            |

\*Форма контролю: ДС – дискусія, ПР – практична робота.

Самостійна робота студента над засвоєнням матеріалу з освітньої компоненти передбачає: опрацювання лекційного матеріалу, опрацювання рекомендованої літератури, підготовку до практичних робіт, виконання домашніх завдань, підготовку до контрольної роботи.

#### IV. Політика оцінювання

Політика оцінювання результатів навчання здобувачів освіти регламентується положенням про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Волинського національного університету імені Лесі

Українки від 26 червня 2025 року (<https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/06/2025.-Про-поточне-і-підсумк.оцінювання.pdf>).

Відвідування лекцій студентом не оцінюється. Однак, для засвоєння студентам рекомендується відвідувати лекційні заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для розв'язування задач на практичних заняттях, виконання домашніх завдань та завдань, що пропонуються на контрольних заходах. Відвідування практичних занять є обов'язковим.

Поточна оцінка формується з:

- 1) оцінювання виконання завдань на практичних заняттях: 10 балів;
- 2) оцінки за контрольну роботу (на контрольній пропонується п'ять завдання типових до тих, що виконувались на практичних заняттях, кожне завдання оцінюється у 6 балів).

Завдання практичного заняття вважаються виконаними вчасно, якщо здобувач освіти надав викладачу звіт з їх виконання не пізніше наступної практичної роботи.

У випадку пропуску практичних занять (з поважних причин) здобувач освіти має право відпрацювати пропущені заняття на консультаціях та добрати ту кількість балів, яку було визначено на пропущені теми.

Згідно Порядку визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки ([https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/2024\\_Визнання\\_резул\\_татів\\_ВНУ\\_ім.\\_Л.У.\\_ред.pdf](https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/2024_Визнання_резул_татів_ВНУ_ім._Л.У._ред.pdf)) студентіві можуть бути зарахованими результати навчання, які отримані у формальній, неформальній та/або інформальній освіті.

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись положень Кодексу академічної доброчесності Волинського національного університету імені Лесі Українки (<http://ra.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/Kodeks-akademichnoyi-dobrochesnosti.pdf>), і розуміють, що за його порушення несуть особисту відповідальність.

## **V. Підсумковий контроль**

Формою підсумкового семестрового контролю є залік. Оцінювання здійснюється за накопичувальною шкалою.

Залік виставляється за результатами поточної роботи за умови, що здобувач освіти виконав ті види навчальної роботи, які визначено силабусом. У дату складання заліку записується у відомість сума поточних балів, які здобувач освіти набрав під час поточної роботи.

У випадку, якщо здобувач освіти протягом поточної роботи набрав менше як 60 балів, він складає залік під час ліквідації академічної заборгованості. У цьому випадку бали, набрані під час поточного оцінювання анулюються.

Максимальна кількість балів на залік під час ліквідації академічної заборгованості 100 балів. Під час ліквідації академічної заборгованості студенту необхідно виконати п'ять завдань, типові до тих, що виконувались на практичних роботах. При цьому кожне завдання оцінюється максимум у 20 балів.

У день складання заліку за основною сесією заборонено проводити додаткові опитування здобувача освіти, а також здобувач освіти не має права доздавати будь-який вид робіт, передбачений силабусом освітнього компоненту.

### **Перелік питань на залік**

1. Поняття фазового переходу. Класифікація фазових переходів за Еренфестом.
2. Фазові переходи першого та другого роду: основні відмінності.
3. Критична точка та її термодинамічні характеристики.
4. Параметр порядку: визначення, фізичний зміст, приклади.
5. Симетрія та спонтанне порушення симетрії у фізичних системах.
6. Теорія Ландау фазових переходів: основні припущення та математичний апарат.
7. Критичні індекси: визначення та фізичний зміст ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\nu$ ,  $\eta$ ).
8. Гіпотеза скейлінгу та співвідношення між критичними індексами.
9. Кореляційна функція та кореляційна відстань. Її поведінка поблизу критичної точки.
10. Флуктуації та їх роль поблизу критичної точки. Критерій Гінзбурга.
11. Модель Ізінга: постановка задачі, гамільтоніан, фізичний зміст.
12. Розв'язок одомірної моделі Ізінга.
13. Двовимірна модель Ізінга: якісні результати.
14. Поняття масштабної інваріантності.
15. Основи теорії ренормалізаційної групи: ідея перетворення масштабу.
16. Фіксовані точки та їхня роль у визначенні критичної поведінки.
17. Поняття ефективного гамільтоніана.
18. Методи чисельного моделювання критичних систем (метод Монте-Карло).
19. Критичні явища в міждисциплінарних системах (біологія, соціальні мережі, складні системи).

### **VI. Шкала оцінювання знань здобувачів освіти**

| <b>Оцінка в балах</b> | <b>Лінгвістична оцінка</b> |
|-----------------------|----------------------------|
| 90–100                | Зараховано                 |

|       |  |
|-------|--|
| 82–89 |  |
| 75–81 |  |
| 67–74 |  |
| 60–66 |  |
| 0–59  |  |

## VII. Рекомендована література

1. Свідзинський А. В., Вілігурський О. М. Лекції з фізики надпровідності. — Луцьк: РВВ «Вежа» ВДУ ім. Лесі Українки, 2003..
2. Equilibrium currents states in layered superconducting structures / Шутовський А. Сахнюк В. Вілігурський О. // Матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції «Релаксаційно, нелінійно, акустооптичні процеси і матеріали». – 2018. С. 142.
3. Вілігурський О. Багаточастинкове моделювання методами NetLogo і Python. Actual Problems of Fundamental Science (APFS2021) : Proc. IV Inter. Conf., June 01–05 2021, Lutsk – Svityaz', Ukraine. Lutsk : Veza-Druk, 2021. P. 168–169.
4. Шутовський А. М., Сахнюк В. Є., Бірук О. М., Вілігурський О. М. Ефект Джозефсона в тунельних надпровідних контактах типу  $S\pm IS\pm$  та  $S++IS++$ . Actual Problems of Fundamental Science (APFS2021) : Proc. IV Inter. Conf., June 01–05 2021, Lutsk – Svityaz', Ukraine. Lutsk : Veza-Druk, 2021. P. 111–113.
5. Пастух, О., Сахнюк, В., Бірук, О., Вілігурський, О. (2021) До проблеми знаходження граничних умов в надпровідних контактах. Фізика та освітні технології, 1, 46–51, doi: <https://doi.org/10.32782/pet-2021-1-8>
6. Сахнюк В. Є., Шутовський А. М., Вілігурський О. М. Чисельний аналіз просторової поведінки параметра впорядкування в одно- та двозонних надпровідниках. Relaxed, Nonlinear, Acoustic Optical Processes and Materials (RNAOPM'2022) : Proc. XI Inter. Sci. Conf., June 01–05, 2022, Lutsk, Ukraine. Lutsk : Veza-Druk, 2022. P. 111–112.
7. L. D. Landau, E. M. Lifshitz, (1970). Statistical Physics. Vol. 5 (2rd ed.). Pergamon Press. ISBN 0-08-009103-2..
8. H. Eugene Stanley, (1971). Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena. Claredon Press. Oxford, ISBN-10: 0195053168.