

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. СВИДЗИНСЬКОГО

СИЛАБУС
вибіркового освітнього компонента

ТЕОРІЯ НАДПРОВІДНОСТІ

підготовки

Магістра

Луцьк – 2026

Силабус освітнього компонента «ТЕОРІЯ НАДПРОВІДНОСТІ» підготовки магістра.

Розробник: Шутовський Арсен Миколайович, старший викладач кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського, кандидат фізико-математичних наук.

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	Е Природничі науки, Е5 Фізика та астрономія, Фізика та астрономія Другий (магістерський) рівень	Вибіркова
Кількість годин/кредитів 120/4		Рік навчання 1
ІНДЗ: <u>немає</u>		Семестр 2-ий
		Лекції 10 год.
		Практичні (семінари) 14 год.
		Самостійна робота 88 год.
		Консультації 8 год.
Форма контролю: залік		
Мова навчання	українська	

II. Інформація про викладача

Прізвище, ім'я та по батькові	Шутовський Арсен Миколайович
Науковий ступінь	кандидат фізико-математичних наук
Вчене звання	
Посада	Старший викладач кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені А.В. Свідзинського
e-mail	Shutovskyi.Arsen@vnu.edu.ua
Дні занять (посилання на електронний розклад)	http://94.130.69.82/cgi-bin/timetable.cgi

III. Опис освітнього компонента

1. Анотація курсу.

Явище надпровідності, яке характеризується різким падінням електричного опору до нуля, стало чи не найдивовижнішою несподіванкою для людства не лише початку 20 століття, а й для людства теперішнього 21 століття. Однак, можливість передачі електроенергії майже без втрат реалізується лише для дуже низьких температур. Обставина такого характеру поставила перед фізиками-теоретиками неймовірно складну задачу, яка полягала в розробці раніше невідомого математичного апарату теорії надпровідності. У теоретичній фізиці існує широкий спектр математичних моделей, які вперше виникли саме в

рамках теорії надпровідності. Це свідчить про те, що високий рівень математичної підготовки стає притаманним для фізика–теоретика лише після поглибленого опанування основних математичних методів теорії надпровідності.

2. Мета і завдання освітнього компонента.

Метою викладання освітнього компонента є формування у студентів–магістрів стійких навичок використання найрізноманітніших методів математичного моделювання до потреб фізики низьких температур. Курс спрямований на формування у студентів–магістрів усіх найнеобхідніших рис науковця, які мотивуватимуть їх на розробку власних математичних моделей для ще нерозглянутих задач теорії надпровідності.

Завдання освітнього компонента:

- Опанування вже розв’язаних задач теорії надпровідності.
- Набуття навичок побудови диференціальних рівнянь, які описують надпровідну систему.
- Розробка наближених методів розв’язування диференціальних рівнянь у теорії надпровідності, враховуючи фізику надпровідних систем.
- Забезпечення мінімальних відхилень між аналітичними та чисельними результатами.
- Побудова простої математичної структури для розв’язків задач, які описують складні надпровідні системи.

3. Soft skills

Після вивчення освітнього компонента «Теорія надпровідності» здобувач освіти розвине такі *soft skills*:

Критичне та аналітичне мислення (здатність оцінювати фізичну адекватність математичних моделей, отримувати аналітичні результати та оцінювати їхню узгодженість із чисельними результатами).

Розв’язання комплексних проблем (уміння розділяти складні фізичні задачі теорії надпровідності на цілий спектр простіших задач).

Креативність та інноваційність (розробка нестандартних підходів у процесі розв’язування задач теорії надпровідності з метою уникнення громіздких перетворень та якнайшвидшого одержання основного результату роботи).

Інформаційна грамотність (навичка формалізації законів фізики низьких температур мовою диференціальних рівнянь, інтегральних рівнянь, операторних методів тощо).

Комунікаційні навички (здатність аргументовано захищати обрані методи математичного моделювання та чітко пояснювати свою логіку колегам).

Адаптивність та гнучкість (готовність до швидкого освоєння нових математичних методів у рамках потреб теорії надпровідності).

Самоорганізація та тайм-менеджмент (ефективне планування часу для виконання об'ємних математичних розрахунків та самостійного опрацювання матеріалу).

4. Структура освітнього компонента.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Практ.	Сам. Роб.	Конс.	*Форма контролю/ Бали
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Надпровідні системи для температур, неблизьких до критичної						
Тема 1. Побудова квазікласичних рівнянь для надпровідних контактів.	14	2	1	11	1	ДС,ПР/ 10
Тема 2. Мікроскопічний розрахунок густини струму в надпровідних контактах.	16	2	1	11	1	ДС,ПР/ 10
Тема 3. Квазікласичні рівняння для надпровідних контактів на основі багатозонних надпровідників.	16	2	2	11	1	ДС,ПР/ 10
Разом за модулем 1	46	6	4	33	3	30
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. Надпровідні системи поблизу критичної температури. Теорія Гінзбурга–Ландау						
Тема 4. Рівняння Гінзбурга–Ландау для надпровідних контактів.	25	1	3	18	2	ДС, ПР /10
Тема 5. Лінійне інтегральне рівняння для параметра впорядкування.	25	2	4	19	2	ДС, ПР /10
Тема 6. Чисельні та аналітичні результати для струм–фазових залежностей.	24	1	3	18	1	ДС, ПР /10
Разом за модулем 2	74	4	10	55	5	30
Контрольна робота						40
Всього годин/Балів	120	10	14	88	8	
Всього балів						100

*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) 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. Метод функцій Гріна в теорії надпровідності. Рівняння Горькова.
2. Немагнітні домішки у надпровідниках.
3. Загальна схема опису струмових станів у мікроскопічній теорії надпровідності.
4. Асимптотична форма теорії надпровідності поблизу T_c . Рівняння Гінзбурга–Ландау.
5. Загальні властивості рівнянь Гінзбурга–Ландау.
6. Квазікласичні рівняння в теорії надпровідності.
7. Теорія Гінзбурга–Ландау за наявності немагнітних домішок.
8. Лінійне інтегральне рівняння для параметра впорядкування.
9. Стаціонарний струм Джозефсона.
10. Контакт нормального металу і надпровідника.
11. Мікроскопічний розрахунок струму Джозефсона.
12. Мікроскопічна теорія тунельного ефекту в нормальному металі.
13. Аналіз рівняння для щілини.
14. Тунельний контакт Джозефсона в магнітному полі.
15. Контакт Джозефсона зі звуженням (точковий контакт).

VI. Шкала оцінювання знань здобувачів освіти

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка
90–100	Зараховано
82–89	

75–81	
67–74	
60–66	
0–59	Незараховано (необхідне перескладання)

VII. Рекомендована література

1. Свідзинський А.В. Мікроскопічна теорія надпровідності. Луцьк: Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2011. 422 с.
2. Golubov A.A., Kupriyanov M.Yu., and Il'ichev E. The current-phase relation in Josephson junctions // *Reviews of Modern Physics*. 2004. Vol. 76, no. 2. P. 411—469.
3. Yerin Y. and Omelyanchouk A.N. Proximity and Josephson effects in microstructures based on multiband superconductors (Review Article) // *Low Temperature Physics*. 2017. Vol. 43, no. 9. P. 1013—1037.
4. Askerzade I.N. Effects of anharmonicity of current-phase relation in Josephson junctions (Review Article) // *Low Temperature Physics*. 2015. Vol. 41, no. 4. P. 193—259.
5. Shutovskyi A.M., Sakhnyuk V., Starodub I.O., Zolotaryuk Y. Influence of a dielectric layer transparency on the overdamped Josephson junction dynamics // *Low Temperature Physics*. 2025. Vol. 51, no. 5. P. 596—603.
6. Yerin Y.S. and Omelyanchouk A.N. Josephson currents in point contacts between dirty two-band superconductors // *Low Temperature Physics*. 2010. Vol. 36, no. 10. P. 969—973.
7. Askerzade I.N., Askerbeyli R.T., and Ulku I. Effect of unconventional current-phase relation of Josephson junction on escape rate in ac SQUID // *Physica C: Superconductivity and its Applications*. 2022. Vol. 598. P. 1354068.
8. Shutovskyi A., Sakhnyuk V., Zolotaryuk Y. Fluxon dynamics in long Josephson junctions with nontrivial current-phase relation // *European Physical Journal B*. 2022. Vol. 95, no. 8. P. 134.