

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра фізики металів



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ФІЗИЧНІ ОСНОВИ СПІНТРОНІКИ

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній ступінь магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма Фізика наносистем
(назва освітньої програми)
вид дисципліни вибіркова ВБ 2.1

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2022/2023</u>
Семестр	<u>4</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>залік</u>

Викладачі: професор Семенко Михайло Петрович

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

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробники¹: Семенко Михайло Петрович, доктор фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики металів


(підпис)


(Курилюк В.В.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 8 від «20» травня 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від «10» червня 2022 року

Голова науково-методичної комісії


(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

¹ 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 – є формування у студентів систематичних уявлень про принципи кодування та передачі інформації в твердотільних системах з використанням квантових об'єктів як носіїв інформації; вивчення електричних та магнітних методів керування квантовими станами електронів у нановимірних структурах; засвоєння теоретичних основ спін-залежних явищ в шаруватих тонкоплівкових структурах та магнітних напівпровідниках; оволодіння навичками застосування отриманих знань для розв'язання прикладних задач фізики конденсованого стану, магнетизму та квантової інформатики.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з курсів загальної фізики, квантової механіки, фізики твердого тіла для освоєння теоретичних питань з курсу «ФІЗИЧНІ ОСНОВИ СПІНТРОНІКИ».

2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, диференціальних рівнянь, математичної фізики, загальної фізики, квантової механіки, статистичної фізики, фізики твердого тіла та комп'ютерних технологій для розв'язку практичних завдань з курсу «ФІЗИЧНІ ОСНОВИ СПІНТРОНІКИ».

3. Анотація навчальної дисципліни: В рамках курсу «ФІЗИЧНІ ОСНОВИ СПІНТРОНІКИ» розглядаються фізичні принципи використання квантових об'єктів як носіїв інформації у твердотільних системах, методи керування квантовими станами електронів у нановимірних структурах, фізичні основи взаємодії магнітних та електромагнітних полів з власним магнітним моментом електрона та області застосування сучасних методів досліджень для розв'язання задач фізики конденсованого стану, магнетизму та квантової інформатики. Методи викладання: лекції, самостійна робота. Методи оцінювання: модульні контрольні роботи, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – формування систематичних уявлень про принципи кодування та передачі інформації в твердотільних системах з використанням квантових об'єктів як носіїв інформації; оволодіння навичками застосування отриманих знань для розв'язання прикладних задач фізики конденсованого стану, магнетизму та квантової інформатики.

Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

Загальних:

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Спеціальних:

СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

СК12. Здатність застосовувати теорії опису фізичних властивостей наносистем різних типів.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основні поняття та концепції спінтроніки; принципи кодування та передачі інформації у твердотільних системах.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	30
2.1	Вміти описувати спін-залежні явища в шаруватих тонкоплівкових структурах та магнітних напівпровідниках.	Лекції, самостійна робота	Модульна контрольна робота	30

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркової дисципліни)

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
Програмні результати навчання		
РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики для розв'язання складних задач і практичних проблем.	+	+
РН02. Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.		+
РН04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних досліджень і оцінювання їх достовірності.		+
РН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних явищ, об'єктів і процесів.	+	
РН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та інновацій в області фізики.		+
РН07. Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики, оприлюднених у формі публікації чи усної доповіді.	+	
РН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.		+
РН25. Знати методи отримання та особливості структури наносистем, а також вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між особливостями їхнього складу та властивостей.		+
РН27. Вміти визначати метод розрахунку, необхідний для розв'язку конкретної наукової проблеми в області фізики наносистем.	+	

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 за темами 1-5: РН 1.1 – 30 балів / 18 балів

2. Модульна контрольна робота 2 за темами 6-11: РН 1.2 – 30 балів / 18 балів

- підсумкове оцінювання у формі заліку.

Залік проводиться в письмовій формі. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом під час заліку дорівнює 40. Для отримання загальної позитивної оцінки з дисципліни оцінка за залік не може бути меншою 24 балів. Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 36 балів.

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

Модульні контрольні роботи проводяться по завершенні тематичних лекцій.

7.3 Шкала відповідності

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин		
		лекції	семінари/ практичні/ лабораторні	Самостійна робота
<i>Розділ 1. Електрон як унікальний об'єкт твердотільних інформаційних систем.</i>				
1	Тема 1. Вступ. Предмет курсу. Принципи кодування та передачі інформації у твердотільних системах.	2		6
2	Тема 2. Квантові стани електрона в твердому тілі. Рух та розсіяння електрона у твердотільних системах.	4		8
3	Тема 3. Спінова електроніка: основні поняття та концепції. Характеристичні довжини у спінтроніці.	4		8
4	Тема 4. Спінова поляризація та методи її створення.	2		6
5	Тема 5. Релаксація системи мобільних спінів. Механізми спінової релаксації.	2		8
	Модульна письмова робота 1			
<i>Розділ 2. Спін-залежні явища у нановимірних структурах та пристрої спінтроніки на їх основі</i>				
6	Тема 6. Спін-залежні явища у магнітних тунельних контактах. Тунельний магнітоопір.	2		4
7	Тема 7. Гігантський магнітоопір. Теоретична інтерпретація гігантського магнітоопору: резисторна модель та модель Валета-Ферта.	4		4
8	Тема 8. Ефект спін-трансферного моменту обертання.	2		4
9	Тема 9. Колосальний магнітоопір. Магнітні фазові переходи та переходи метал-діелектрик у системах з колосальним магнітоопором.	2		4
10	Тема 10. Матеріали спінтроніки. Половинні метали та магнітні напівпровідники як перспективні компоненти магнітних наноструктур.	2		4
11	Тема 11. Сучасні прикладні застосування спінтроніки. Магнітна пам'ять з довільним доступом (MRAM) як найбільш імовірний кандидат на роль універсальної пам'яті обчислювальних пристроїв.	4		4
	Модульна письмова робота 2			
	ВСЬОГО	30		60

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Самостійна робота - 60 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна:

1. P. Jitendra, N. Roy. *Spintronics. Fundamentals and Applications*. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2021, - 273 P. (електронна бібліотека кафедри).
2. Товстолиткін О.І., Боровий М.О., Курилюк В.В., Куницький Ю.А. *Фізичні основи спінтроники* : навч. посіб. Вінниця : Нілан-ЛТД, 2014. – 500 с. (бібліотека кафедри)
3. А.М. Погорілий, С.М. Рябченко, О.І. Товстолиткін. *Спінтроніка. Основні явища. Тенденції розвитку* – УФЖ. Огляди, 2010, т. 6, №1, С. 37–97. http://archive.ujp.bitp.kiev.ua/files/reviews/6/1/r06_01_03ru.pdf
4. О.В. Третяк, В.А. Львов, О.В. Барабанов. *Фізичні основи спінової електроніки*. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2002. – 314 с. (бібліотека ун-ту, бібліотека РФФ)
5. Коплак О.В., Макара В.А. *Спінова динаміка в кристалах кремнію*. – К.: Наукова думка, 2017. – 146 с. . (бібліотека кафедри)
6. К.А. Валиев, А.А. Кокин. *Квантовые компьютеры: надежды и реальность*. – Москва, Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 352 с. (електронна бібліотека кафедри).

Додаткова:

1. А.В. Ведяев. *Использование поляризованного по спину тока в спинтронике*. – Успехи Физических Наук, 2002, т. 172, №12, 1458 – 1461.
2. И. Кесслер. *Поляризованные электроны*. – Москва: Мир, 1988, 368 с. (Перевод с английского: J. Kessler. *Polarized electrons*. – Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer-Verlag, Sec. Edition, 1985).
3. Б.П. Захарченя, В.Л. Коренев. *Интегрируя магнетизм в полупроводниковую электронику*. - Успехи Физических Наук, 2005, т. 175, №6, 629 – 635
4. Ю.А. Данилов, Е.С. Демидов, А.А. Ежевский, *Основы спинтроники*, ННГУ, Н. Новгород, 2007. – 160 с.
5. В.Е. Борисенко, А.И. Воробьева, Е.А. Уткина. *Наноэлектроника. Ч. 3. Перенос носителей заряда в низкоразмерных структурах*, БГУИР, Минск, 2004. – 92 с.
6. I. Zutich, J. Fabian, S. Das Sarma. *Spintronics: Fundamentals and applications*. – *Reviews of Modern Physics*, 2004, vol. 76, No. 2, 323 – 410.
7. M. Getzlaff. *Fundamentals of Magnetism. Chapter 17. Applications*. Berlin-Heidelberg-New York, Springer, 2008. – 387 p.

Спінтроніка в youtube:

<https://www.youtube.com/watch?v=kB0ixO5lrzQ> <https://www.youtube.com/watch?v=q3-S5hM-3QY>
<https://www.youtube.com/watch?v=cID4fKraWkE> <https://www.youtube.com/watch?v=g9NAUPbqAvE>