

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра квантової радіофізики та наноелектроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Магнітні та спінозалежні явища в твердих тілах

для студентів

рівень вищої освіти

другий (магістерський)

галузь знань

10 Природничі науки

спеціальність

105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма

Прикладна фізика та наноматеріали

вид дисципліни

вибіркова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

2

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання

українська

Форма заключного контролю

залік

Викладач:

Олександр ТОВСТОЛИТКІН, доктор фіз.-мат. наук, професор, директор Інституту магнетизму НАН України та МОН України

Пролонговано:

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.
на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

Розробник:

Олександр ТОВСТОЛИТКІН, доктор фіз.-мат. наук, професор, директор Інституту магнетизму НАН України та МОН України.

Ганна КАРЛАШ, кандидат фіз.-мат. наук, завідувач кафедри квантової радіофізики та наноелектроніки.

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри квантової радіофізики
та наноелектроніки

_____ Ганна КАРЛАШ

Протокол № __ від « __ » _____ 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № __ від « __ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« __ » _____ 2022 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів з сучасним рівнем знань про магнітні та спінзалежні явища в твердих тілах та принципи використання таких явищ і ефектів у сучасних фізичних дослідженнях.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Магнітні та спінзалежні явища в твердих тілах» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра, а саме: “Загальна фізика”, “Фізика твердого тіла”, “Теоретична фізика”, “Диференціальні та інтегральні рівняння”, “Мікро- та наноелектроніка”.

Попередні вимоги:

- Успішне опанування курсів математичного аналізу, загальної фізики, квантової механіки, статистичної фізики, фізики твердого тіла, основ магнетизму.
- Знання теоретичних основ математичної фізики, методів моделювання фізичних об’єктів і процесів з використанням математичних методів та програмних продуктів, методів експериментальних досліджень, методів структурного аналізу.

3. Анотація навчальної дисципліни:

У рамках курсу «Магнітні та спінзалежні явища в твердих тілах» розглядаються сучасні підходи експериментального дослідження і теоретичного опису спінзалежних явищ у об’ємних та тонкоплівкових матеріалах, а також про області застосування таких явищ та ефектів. Мета вивчення дисципліни – ознайомлення студентів з сучасним рівнем знань про магнітні та спінзалежні явища в твердих тілах та принципи використання таких явищ і ефектів у сучасних фізичних дослідженнях. Результати навчання полягають в умінні кваліфіковано пояснювати механізми взаємодії магнітних та електромагнітних полів з власним магнітним моментом електрона, описувати спінзалежні ефекти у матеріалах та структурах різного типу, орієнтуватись у шляхах керування параметрами матеріалів магнітних наноструктур. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік.

4. Завдання (навчальні цілі):

- Сформувані у студентів базові уявлення про спінзалежні явища в об’ємних та тонкоплівкових матеріалах, гальваномагнітні ефекти, а також про області застосування таких явищ та ефектів. Оволодіти навичками застосування отриманих знань для розв’язання прикладних задач фізики.
- Надати основні знання з основ розроблення приладів, що ґрунтуються на використанні спінзалежних ефектів у матеріалах та структурах різного типу, та потенціалу їх подальшого розвитку.
- Навчити застосовувати отримані знання у подальшій професійній діяльності, а також в подальшому навчанні в аспірантурі.
- Навчити ефективно комунікувати отримані знання перед аудиторією фахівців, що підвищуватиме конкурентоспроможність випускника магістратури на ринку праці, в т.ч. і за межами України.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

Загальні компетентності:

- ЗК 6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

Фахові компетентності:

- ФК 5. Здатність брати участь у розробці схем фізичних експериментів та обранні необхідного обладнання та пристроїв для проведення експерименту.
- ФК 10. Здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу станів та властивостей фізичних систем.
- ФК 14. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи базові методи дослідницької діяльності.

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	Студент повинен знати:			
1.1	Теоретичні основи спінзалежних явищ у об'ємних та тонкоплівкових матеріалах, гальваномагнітні ефекти, області застосування та вимоги до параметрів матеріалів магнітних наноструктур.	лекції	Модульна контрольна робота	30
2	Студент повинен вміти:			
2.1	Кваліфіковано пояснювати механізми взаємодії магнітних та електромагнітних полів з власним магнітним моментом електрона, описувати спінзалежні явища у об'ємних та тонкоплівкових матеріалах, орієнтуватись у шляхах керування параметрами матеріалів магнітних наноструктур, орієнтуватись у доборі спеціальної сучасної наукової літератури та самостійно працювати з нею.	лекції	Модульна контрольна робота	30
3	Комунікація:		Доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій	до 5
3.1	Здатність обґрунтовувати важливість розвитку галузей, що ґрунтуються на використанні гальваномагнітних явищ, та інвестицій в ці галузі, з метою створення рушійної сили для розвитку інших галузей: ІТ, аерокосмічної, оборонної, охорони здоров'я, тощо			
3.2	Здатність до командної роботи при участі у комерційних проектах, спрямованих на створення приладів, що ґрунтуються на використанні спінзалежних явищ у різного виду наноструктурах			
4	Автономність та відповідальність:		Доповіді студентів з використанням медійних та дистанційних технологій	до 5
4.1	Здатність до самостійної роботи з науковою літературою, в т.ч. періодикою, в т.ч. іноземними мовами, за тематикою спінтроники, наноелектроніки, інтегральної електроніки, квантової фізики			

4.2	Здатність самостійно визначати практичні перспективи запропонованих концепцій базових елементів спінтроники			
-----	---	--	--	--

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання:

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни					
	1.1	2.1	3.1	3.2	4.1	4.2
ПРН 1. Глибокі знання в галузі сучасної прикладної фізики і фізики наноматеріалів.	+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

Семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 (30 балів).
2. Модульна контрольна робота 2 (30 балів).

Підсумкове оцінювання у формі заліку:

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	ЗМ2/Частина 2 (за наявності)	залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	18	18	24	60
Максимум	30	30	40	100

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.

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

7.2. Організація оцінювання:

Шкала відповідності оцінок:

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Зараховано / Passed	60-100%
Не зараховано / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план практичних занять

№ з/п	Назва теми	У тому числі - кількість годин		
		Лекції	Семінари	Самостійна робота
1	Вступ та огляд курсу “Магнітні та спінозалежні явища в твердих тілах”	2	-	2
2	Орбітальний момент імпульсу та магнітний момент: класичний та квантовий підходи. Гіромагнітне відношення для орбітального та спінового моментів	2	-	6
3	Власний (спіновий) момент імпульсу. Історичні аспекти розвитку науки про спін	2	-	6
4	Експерименти, що свідчать про наявність власного (спінового) магнітного моменту квантових об’єктів. Спін і квантова статистика	2	-	6

5	Загальний огляд магнітних та спінзалежних явищ у твердих тілах. Гальваномагнітні ефекти. Магнітоопір	2	-	8
6	Елементи та пристрої, що ґрунтуються на спінзалежних явищах. Магнітні явища в наноелектронних пристроях	2	-	6
7	Магнітні властивості вільного електронного газу в твердому тілі. Квантування Ландау; парамагнетизм Паулі	2	-	8
8	Векторна модель атома	2	-	6
9	Правила Хунда для основного стану атомів. Розрахунок квантових чисел S , L , J в основному стані для елементів d і f груп періодичної системи елементів	2	-	8
10	Періодична система хімічних елементів	2	-	6
11	Атомний фактор Ланде. Ефект Зеемана	2	-	6
12	Звичайний та аномальний ефекти Холла	2	-	6
13	Спіновий ефект Холла	2	-	8
14	Квантовий ефект Холла	2	-	8
Всього		30	-	90

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:
Лекції **30** год.
Самостійна робота **60** год.

9. Рекомендовані літературні джерела:

Основні джерела:

1. 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_03pu.pdf)
2. М.Г. Находкин, Д.І. Шека. *Основи нанofізики та нанотехнологій*. – Київ, 2006.
3. С.L. Tang. *Fundamentals of quantum mechanics for solid state electronics and optics*. – New York, Cambridge University Press, 2005. – 208 p.

Додаткові джерела:

1. Zutich, J. Fabian, S. Das Sarma. *Spintronics: Fundamentals and applications*. – Reviews of Modern Physics, 2004, vol. 76, No. 2, 323 – 410.
2. J.M.D. Coey. *Magnetism and Magnetic Materials*. – Cambridge, Cambridge University Press, 2009. – 614 p.
3. *Nanomagnetism and Spintronics*. Ed. By T. Shinjo. – Elsevier, 2009. – 346 p.
4. N.A. Spaldin. *Magnetic Materials: Fundamentals and Applications*. – Cambridge, Cambridge University Press, 2011. – 274 p.