

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра електрофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Спінтроніка магнітних наносистем

для студентів

рівень вищої освіти

другий

галузь знань

10 Природничі науки

спеціальність

105 Прикладна фізика та наноматеріали

освітня програма

Радіофізика та електроніка

вид дисципліни

вибіркова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

3

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання

українська

Форма заключного контролю

залік

Викладач:

Володимир СОХАЦЬКИЙ, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри електрофізики.

Пролонговано:

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

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

Розробник:

Володимир СОХАЦЬКИЙ, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри електрофізики.

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри електрофізики

_____ Сергій САВЕНКОВ

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 із основними методами застосування законів, формул розділу загальної фізики «Магнетизм», підготовка слухачів до вивчення курсу теоретичної фізики, зокрема, квантової фізики і квантових інформаційних технологій, а також ряду інших спеціальних дисциплін, в яких використовуються стандартні фізичні та математичні методи; опанування студентами методів роботи із сучасною науковою літературою та інформаційними базами.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна "Спінтроніка" є нормативною дисципліною підготовки фахівців за освітнім рівнем «магістр» галузі знань «10. Природничі науки» зі спеціальності «105. Прикладна фізика та наноматеріали». Вона необхідна для формування професійного світогляду фахівця з Прикладної фізики. Методи дослідження, аналізу та моделювання магнітних явищ, що вивчаються в рамках спінтроніки широко використовуються в науковій практиці в різних галузях фізики, техніки і технологій.

Попередні вимоги:

студент повинен знати: основні означення, закони, рівняння та співвідношення магнетизму в межах програми загальної фізики;

студент повинен вміти: розв'язувати фізичні задачі з курсу елементарної фізики, вміти користуватись апаратом вищої математики, а також бути знайомим з чисельними методами розв'язку диференціальних рівнянь, операцій з матричними величинами тощо).

3. Анотація навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни «Спінтроніка» дозволяє зрозуміти сутність багатьох природних явищ, дізнатись про закономірності протікання електричних та магнітних явищ на атомному рівні, а також і супутніх явищ, пов'язаних із розповсюдженням в середовищах електромагнітних хвиль і їх взаємодією із магнітною та електричною підсистемами речовин різного типу.

В результаті вивчення дисципліни «Спінтроніка» студент отримає підготовку, достатню для подальшої наукової роботи в галузі прикладної фізики, зокрема в напрямках фізики магнітних і електричних явищ, інформаційних технологій та квантових комп'ютерів, а також для самостійного вивчення необхідної наукової літератури, розв'язку типових задач, що потребують використання фізичних методів.

«Спінтроніка» є базовою дисципліною циклу. Вона необхідна для формування професійних навиків фахівця з Прикладної фізики. Оскільки комп'ютерні методи широко використовуються як при експериментальних, так і теоретичних дослідженнях в усіх галузях фізики, технології, техніки, то при вивченні даної дисципліни студенти опановують типові методи моделювання, розрахунків та управління при виконанні фізичних досліджень.

Запропонований курс включає в себе викладення основних методів та прийомів, що застосовуються для роботи з комп'ютерами в фізиці та електроніці, ознайомлення з найбільш популярними пакетами прикладних програм; ознайомлення з методами опису фізичних явищ за допомогою математичних моделей, що описуються програмно; застосування програм в технологічних процесах, метрологічному забезпеченні тощо. Курс розрахований на майбутніх спеціалістів, зайнятих як науковою діяльністю у галузі фундаментальних фізичних досліджень, так і розробників електронної апаратури, що працює на нових принципах, зокрема керуванні властивостями речовини на нанорозмірному та молекулярному рівнях і в якій можуть використовуватись магнітні, оптичні явища, електронні, квантові ефекти в нанорозмірних структурах.

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):

1. Надати основні відомості курсу «Спінтроніка», які складають важливу частину загально-наукової підготовки студента за спеціальністю «Прикладна оптика і магнетизм».

2. Узагальнити та розширити поняття нанорозмірних спінових систем, типів магнітної взаємодії, методів опису енергетичних станів електричної та магнітної підсистем, навчити пояснювати виникнення незвичних на перший погляд формхарактеристик приладів і матеріалів, наприклад, кривих перемагнічування, навчити застосовувати стандартні методи аналізу і розрахунку фізичних характеристик.

3. Навчити застосовувати основні відомості курсу у професійній діяльності, розвинути у студентів основи аналітичного мислення та наукового підходу.

4. Навчити застосовувати отримані знання та уміння в моделюванні та розробці спінових систем із заданим набором фізичних властивостей та функціональностей.

Мета навчальної дисципліни - підготувати слухачів до роботи в галузі експериментальних та теоретичних фізичних досліджень, а також вивчити спеціальні методики, в яких використовуються комп'ютерні методики. В рамках даної дисципліни передбачається ознайомлення та оволодіння основами сучасних знань про фундаментальні закони загальної фізики, навчання практичному застосуванню фізичних експериментальних методів та теоретичних положень фізики, а також поглиблення розвитку логічного та аналітичного мислення.

Курс розрахований на майбутніх спеціалістів, зайнятих науковою діяльністю у галузі як фундаментальних, так і прикладних фізичних досліджень, а також зайнятих вимірюваннями фізичних величин та розробкою приладів для таких вимірювань. В курсі передбачається вивчення принципів побудови та можливостей програмного забезпечення пристроїв вводу-виводу інформації, комп'ютерних вимірювальних систем, програмних пакетів керування фізичним експериментом, методик використання електронних таблиць, прикладних пакетів наукової графіки для обробки результатів вимірювань, відображення скан-копій, розпізнавання образів та редагування зображень, методів розробки схем, моделей, систем комп'ютерної алгебри для розв'язку задач математичної фізики в числовому та символічному вигляді, включаючи комп'ютерну анімацію та її застосування у фізичних дослідженнях, а також засоби комп'ютерної підготовки текстів наукових публікацій та презентацій за результатами наукових досліджень.

Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

- коди, назви компетентностей із переліку компетентностей в описі освітньої програми
- РК1
- ЗК5

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	знати:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 45
1.1	Загальні основи магнітних, електричних, теплових та світлових явищ. Загальний опис різних типів явищ в різних системах одиниць і координат.	лекція	МКР	1
1.2	Загальні підходи до обчислення властивостей нанорозмірних систем.	лекція	МКР	1
1.3	Основні експериментальні методи вимірювання магнітних, електричних, теплових та оптичних характеристик матеріалів.	лекція	МКР	1
1.4	Роль і можливості сучасних комп'ютерних методів та програм при їх застосуванні у фізичних дослідженнях, фізичному експерименті та при розробці вимірювальної апаратури.	лекція	МКР	1
1.5	Основні закономірності прояву фізичних законів, загальні властивості цих законів.	лекція	МКР	1
1.6	Особливості побудови та можливості сучасних комп'ютерних технологій при їх застосуванні у теоретичних дослідженнях, фізичному експерименті та при розробці вимірювальної апаратури.	лекція	МКР	1
1.7	Закономірності поведінки мікрочастинок в середовищах різної розмірності, останні відомості про процеси взаємодії заряджених частинок із електричною та магнітною підсистемами.	лекція	МКР	1
1.8	Поняття про тензорний опис характеристик	лекція	МКР	1

	речовин і фізичних явищ.			
1.9	Проблематика чисельного розв'язання диференціальних рівнянь, що описують електричний і магнітний стан атомів.	лекція	МКР	1
1.10	Розуміння основних принципів та наслідків квантової взаємодії спінів.	лекція	МКР	1
2	вміти:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 45
2.1	Знати і вміти застосовувати комп'ютерні методи для вирішення типових фізичних задач, моделювання фізичних явищ, процесів.	лекція	МКР	1
2.2	Знаходити оптимальні методи для вирішення задач або розв'язку фізичних проблем.	лекція	МКР	1
2.3	Знати і вміти застосовувати фізичні закони і математичні формули, що їх описують для встановлення/перевірки співвідношень і закономірностей фізичних явищ та процесів.	лекція	МКР	1
3	комунікація:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 5
3.1	Здатність грамотно будувати наукову комунікацію як в усній так і письмовій формах, підбирати правильну термінологію.	лекція	МКР	1
3.2	Уміння пояснити своє бачення ситуацій, проблем механіки на основі відомих закономірностей.	лекція	МКР	1
4	автономність та відповідальність:	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 5
4.1	Здатність до самостійного пошуку матеріалу в учбовій літературі або інших джерелах інформації для поглиблення знань та в рамках самостійної роботи.	лекція	МКР	1

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни	Код															
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	4.1
Програмні результати навчання (назва)																
1. Розуміти предметну область сучасної прикладної фізики та математики.	+	+								+	+	+	+	+		+
2. Знати основи технологій та методів дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали.			+						+							
3. Вміти знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій.													+			+
4. Володіти іноземною мовою в обсязі, достатньому для професійної діяльності.														+		+
5. Вміти обговорювати та знаходити рішення проблем і завдань при виконанні науково-технічних проектів.														+	+	
6. Вміти критично інтерпретувати науково-технічну інформацію, що стосується прикладної фізики.					+											
7. Вміти застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій.	+	+							+							

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота 1	жовтень
Модульна контрольна робота 2	листопад
Модульна контрольна робота 3	грудень
Добір балів/додаткова контрольна робота	грудень
Іспит	грудень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі іспиту:

Значення	Змістовні модулі	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Відмінно / Excellent	90-100%
Добре / Good	75-89%
Задовільно / Satisfactory	60-74%
Незадовільно / Fail	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№з/п	Назва теми	Кількість годин		
		Лекції	Семинари	Самостійна робота
1	1. Вступ. Предмет спітроніки, особливості курсу, основні означення. 2. Магнітні явища та спіт електрона.	2	–	4
2	1. Міжатомні взаємодії. 2. Квантовий опис орбітального та спінового стану електрона.	2	–	4
3	1. Енергетичні співвідношення магнетизму. 2. Ефекти, пов'язані зі спіном електрона.	2	–	4
4	1. Пара- та діамагнітні властивості вільних іонів та металів.	2	–	4
5	1. Феромагнетизм: наближення молекулярного поля Вейса. 2. Методика побудови квантової теорії магнітних явищ на основі напівкласичних і квантових уявлень.	2	–	4
6	1. Обмінна та магнітостатична взаємодії, магнітна анізотропія, магнітострикція. 2. Моделювання впливу анізотропії на намагніченість енергетичним методом.	2	–	4
7	1. Магнітні субструктури: магнітні домени, доменні стінки, лінії Блоха, магнітні вихорі. 2. Типи магнітного впорядкування феромагнетиків.	2	–	4
8	1. Характеристики перемагнічування феромагнетиків. Фактори розмагнічування. 2. Динаміка процесів перемагнічування.	2	–	4

9	1. Низькорозмірні структури. 2. Спінові явища в низькорозмірних структурах.	2	–	4
10	1. Інжекція та накопичення спінів. 2. Методи інжектування та детектування спінового моменту.	2	–	4
11	1. Спіновий дрейф та дифузія. Спінова поляризація. 2. Теоретичний опис в рамках статистичних та квантових моделей.	2	–	4
12	1. Тунельний магнітоопір. 2. Квантовий характер ефектів Холла, спіновий ефект Холла.	2	–	6
13	1. Матеріали спінтроники. 2. Пристрої спінтроники.	2	–	6
14	1. Поточний стан розвитку систем зі спіно-орбітальною взаємодією. 2. Перспективні напрямки розвитку спінтроники.	2	–	6
Всього		28	–	62

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:
Лекції **28** год.
Самостійна робота **62** год.

9. Рекомендована література:

Основні джерела:

1. О.В.Товстолиткін, М.О.Боровий, В.В.Курилюк, Ю.А.Куницький. Фізичні основи спінтроники. «Нілан-ЛТД», Вінниця.-2014.-500 с.
2. О.В.Третяк, В.А.Львов, О.В.Барабанов. Фізичні основи спінової електроніки. Київський університет, Київ. - 2002.-314 с.
3. А.М. Погорілий, С.М. Рябченко, О.І. Товстолиткін. Спінтроніка. Основні явища. Тенденції розвитку. Укр. фіз. журн. Огляди 2010. Т. 6, №1.

Додаткові і джерела:

1. Яворський Б.М., Детлаф А.А. та ін. Курс фізики. Київ, “Вища школа”, 1970.-356 с.
2. В.І.Григорук, В.П.Сохацький та ін. Взаємодія фізичних полів з наноструктурованими матеріалами. Київ.-2018. 382 с.
3. Кучерук І.М., Горбачук І.Т., Луцик П.П. Загальний курс фізики. К.: Вид-во “Техніка”, 1999. - 536 с.