



КВАНТОВА ТЕОРІЯ МАГНЕТИЗМУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>104 Фізика і астрономія</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма «Комп'ютерне моделювання фізичних процесів»</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів/150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, усний</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, e-mail: Gorobets.oksana@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>http://physics.zfft.kpi.ua/?fbclid=IwAR3c2gr6GZDyihI5SyRV52uR6BH6cnzWGuLHyhUVkTKI2EnZTqi554UrA у розділі «Доступні курси/Горобець О.Ю»</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у аспірантів навичок та вмінь щодо теорії та експериментального дослідження магнітних властивостей наноматеріалів, особливостей магнітних явищ в наноматеріалах, статичних і динамічних магнітних властивостей тонких плівок і наночастинок і їх залежності від структури і морфології поверхні наноматеріалів, явищ, пов'язаних із спіном і процесом перевертання спіну.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК4. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності спеціальності:

ФК1 Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК2. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

ФК5. Здатність сприймати ново здобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК9. Здатність самостійно опанувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

Основні завдання кредитного модуля:

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати наступні **результати навчання**:

ПРН01 Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

ПРН02 Проводити експериментальні та/або 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.

ПРН05 Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

ПРН09 Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.

ПРН10 Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела.

ПРН11 Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

ПРН13 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.

ПРН15 Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження.

ПРН16. Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.

ПРН18. Вміти використовувати набуті знання для розв'язання різних задач з фізики та астрономії.

ПРН19. Вміти моделювати фізичні і не тільки процеси та явища, що виникають в навколишньому світі.

ПРН20. Вміти створювати та досліджувати різні фізичні теорії за допомогою моделювання фізичних та астрономічних процесів.

2. Зміст навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин		
	Всього	У тому числі	
		Лекції	СРС
Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів.	16	6	10
Тема 2. Магнітна сприйнятливність.	16	6	10
Тема 3. Магнітний гамільтоніан.	16	6	10

Тема 4. Статична сприйнятливість невзаємодіючих систем.	17	6	11
Тема 5. Статична сприйнятливість невзаємодіючих систем.	17	6	11
Тема 6. Динамічна сприйнятливість слабо та сильно взаємодіючих систем.	17	6	11
Тема 7. Магнітні домішки.	17	6	11
Тема 8. Розсіяння нейтронів.	17	6	11
Тема 9. Магнони та квантова теорія спінових хвиль.	17	6	11
Разом	150	54	96

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

- [1] T. Shinjo, *Nanomagnetism and Spintronics* (Amsterdam, The Netherlands, 2009).
- [2] J. Atulasimha and S. Vandyopadhyay, *Nanomagnetic and Spintronic Devices for Energy-Efficient Memory and Computing* (2016).
- [3] S. Vandyopadhyay and M. Cahay, *Introduction to Spintronics* (CRC Press Taylor & Francis Group, 2008).
- [4] О. І. Товстолиткін, М. О. Боровий, В. В. Курилюк, and Ю. А. Куницький, *Фізичні Основи Спінтроніки* (Нілан-ЛТД, Вінниця, 2014).
- [5] В. Г. Барьяхтар, Б. А. Иванов, В. Н. Криворучко, and А. Г. Данилеви, *Современные Проблемы Динамики Намагниченности: От Основ До Сверхбыстрой Релаксации* (Химджест, Киев, 2013).

Додаткова

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. *Электродинамика сплошных сред*. - М.: Наука, 1982. - 623 с.
2. Барьяхтар В. Г., Иванов Б. А. *Магнетизм - что это?* - К.: Наукова думка, 1981. - 207 с.
3. Ахиезер А. И., Барьяхтар В. Г., Пелетминский С. В. *Спиновые волны*. - М.: Наука, 1967. - 368 с.
4. Барьяхтар В. Г., Иванов Б. А. *В мире магнитных доменов*. - К.: Наукова думка, 1986. - 160 с.
5. Вонсовский С. В. *Магнетизм*. - М.: Наука, 1971. - 1032 с.
6. Ивановский В. А., Чеорникова Л. А. *Физика магнитных явлений. Семинары*. - М.: Изд. Моск. унив., 1981. - 288 с.
7. Уайт Р. М. *Квантовая теория магнетизма*. - М.: Мир, 1972. - 308 с.

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Лекція 1. Спін електронів. [1-9]
2.	Лекція 2. Спін фотону. [1-9]
3.	Лекція 3. Магнітний момент атомів. [1-9]
4.	Лекція 4. Магнітний момент. Намагніченість. [1-9].

5.	<i>Лекція 5. Узагальнена сприйнятливість. [1-9].</i>
6.	<i>Лекція 6. Вторинне квантування. [1-9].</i>
7.	<i>Лекція 7. Магнітний гамільтоніан. [1-9].</i>
8.	<i>Лекція 8. Рівняння Дірака. [1-9].</i>
9.	<i>Лекція 9. Спіновий гамільтоніан. [1-9].</i>
10.	<i>Лекція 10. Статична сприйнятливість невзаємодіючих систем. [1-9].</i>
11.	<i>Лекція 11. Статична сприйнятливість невзаємодіючих систем. Локалізовані моменти. [1-9].</i>
12.	<i>Лекція 12. Статична сприйнятливість невзаємодіючих систем. Метали. [1-9].</i>
13.	<i>Лекція 13. Статична сприйнятливість невзаємодіючих систем. [1-9].</i>
14.	<i>Лекція 14. Статична сприйнятливість взаємодіючих систем. Локалізовані моменти. [1-9].</i>
15.	<i>Лекція 15. Статична сприйнятливість взаємодіючих систем. Метали. [1-9].</i>
16.	<i>Лекція 16. Динамічна сприйнятливість слабко та сильно взаємодіючих систем. [1-9].</i>
17.	<i>Лекція 17. Динамічна сприйнятливість слабко та сильно взаємодіючих систем. Порушена симетрія. [1-9].</i>
18.	<i>Лекція 18. Динамічна сприйнятливість слабко та сильно взаємодіючих систем. Ефект Фарадея. Метали. Діелектрики. [1-9].</i>
19.	<i>Лекція 17. Магнітні домішки. [1-9].</i>
20.	<i>Лекція 19. Магнітні домішки. Локальні коливання. Локальні моменти в металах. [1-9].</i>
21.	<i>Лекція 20. Магнітні домішки. Ефект Кондо. Випадковий обмін. [1-9].</i>
22.	<i>Лекція 21. Розсіяння нейтронів. Переріз розсіяння. [1-9].</i>
23.	<i>Лекція 22. Розсіяння нейтронів. Ядерне розсіяння. [1-9].</i>
24.	<i>Лекція 23. Розсіяння нейтронів. Магнітне розсіяння. [1-9].</i>
25.	<i>Лекція 24. Магнони. [1-9].</i>
26.	<i>Лекція 25. Взаємодія магنونів. [1-9].</i>
27.	<i>Лекція 26. Квантова теорія спінових хвиль. [1-9].</i>

5. Самостійна робота студента/аспіранта

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин СРС
28.	СРС 1. Спін електронів, атомів, фотонів. [1-9].	10
29.	СРС 2. Магнітна сприйнятливність. [1-9].	10
30.	СРС 3. Магнітний гамільтоніан. [1-9].	10
31.	СРС 4. Статична сприйнятливність невзаємодіючих систем. [1-9].	11
32.	СРС 5. Статична сприйнятливність невзаємодіючих систем. [1-9].	11
33.	СРС 6. Динамічна сприйнятливність слабо та сильно взаємодіючих систем. [1-9].	11
34.	СРС 7. Магнітні домішки. [1-9].	11
35.	СРС 8. Розсіяння нейтронів. [1-9].	11
36.	СРС 9. Магнони та квантова теорія спінових хвиль. [1-9].	11

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять (згідно розкладу і згідно загально-університетського розпорядку);
- правила поведінки на заняттях (активність на практичних заняттях є обов'язковою, бали за активність на практичних заняттях не ставляться, відключення телефонів є обов'язковим);
- правила захисту індивідуальних завдань (тестування <http://physics.zfftt.kpi.ua/?fbclid=IwAR3c2gr6GZDyihI5SyRV52uR6BH6cnzWGuLHyhUVkTkI2EnZTqi554UrA> у розділі «Доступні курси/Горобець О.Ю.»);
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів (штрафні бали не призначаються, заохочувальні бали призначаються суворо згідно підрозділу 8 цього силабусу);
- політика дедлайнів та перескладань (згідно загально-університетського розпорядку);

політика щодо академічної доброчесності (згідно загально-університетського розпорядку);

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: тести

Календарний контроль: контроль виконання самостійної роботи проводиться двічі на семестр у формі тестів як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестрова атестація проводиться у вигляді екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин		Контрольні заходи
	Кредити	Акад. год.	Лекції	СРС	Семестр атест.
2	5	150	54	96	Екзамен

Рейтинг студентів 2 курсу магістратури ФМФ з «Наномагнетизму» складається з балів, які вони отримують за:

- 1) СРС
- 2) відповіді на екзамені.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання.

Студентам, які успішно виконують СРС (самостійна робота студентів), можуть нараховуватися за семестр максимум 60 балів. СРС полягає у самостійній роботі із вивчення лекційного матеріалу. Перевірка виконання СРС здійснюватиметься оцінюванням результатів тестування в системі Moodle http://physics.zfftt.kpi.ua/?fbclid=IwAR3c2qr6GZDYih15S_yRV52uR6BH6cnzWGu_LHyhUVkTkI2EnZTqi554UrA у розділі Доступні курси/Горобець О.Ю.

Необхідною умовою допуску до екзамену з «Наномагнетизму» є задовільне виконання СРС (не менше 24 балів).

Екзаменаційна робота з «Наномагнетизму» складається з 2 питань (2 теоретичних питання), кожне теоретичне питання максимально оцінюється в 20 балів. Всього 40 балів.

Критерії оцінювання (до екзамену):

- Студент демонструє фрагментарні знання навчального матеріалу, не достатньо розуміючи зв'язок між окремими розділами програми, робить не достатньо обґрунтовані висновки (0-10 балів).
- Студент правильно відтворює навчальний матеріал, знає основоположні теорії і факти, вміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок (10-20 балів)
- Студент добре володіє вивченим матеріалом, застосовує знання в стандартних ситуаціях, вміє аналізувати і систематизувати інформацію, використовує загальновідомі докази із самостійною і правильною аргументацією (21-30 балів)
- Студент має гнучкі знання в межах вимог навчальної програми, аргументовано використовує їх в різних ситуаціях, уміє знаходити інформацію та аналізувати її, ставити і розв'язувати проблеми (31-40 балів)

Сума вагових балів контрольних заходів з «Наномагнетизму» протягом семестру складає:

$R_C = 60$ балів.

Екзаменаційна складова шкали **$R_E = 40$ балів.**

Рейтингова шкала з наномагнетизму складає **$R_D = R_C + R_E = 100$ балів.**

Для виставлення оцінок до залікової книжки рейтинг переводиться у оцінки відповідно до таблиці.

Студенти, які набрали протягом семестру стартовий рейтинг з дисципліни (r_D) менше 0,4 $R_C = 24$ балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з наномагнетизму і мають академічну заборгованість.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

Не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущено
--	-------------

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведено в тестах в системі Moodle*

http://physics.zfftt.kpi.ua/?fbclid=IwAR3c2qr6GZDyihI5S_yRV52uR6BH6cnzWGu_LHyhUVkTkI2En_ZTqi554UrA у розділі «Доступні курси/Горобець О.Ю»;

можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою не передбачена.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри загальної фізики та фізики твердого тіла, д.ф.-м.н., професором Горобець О.Ю.

Ухвалено кафедрою загальної фізики та фізики твердого тіла (протокол № ____ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № ____ від _____)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.