

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний факультет
(назва факультету, інституту)

Кафедра квантової теорії поля та космофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник декана з навчальної роботи
Оксана МОМОТ
2022 року



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СУЧАСНІ МЕТОДИ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ПОЛЯ В ФІЗИЦІ ТВЕРДОГО ТІЛА
(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень магістр
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)
освітня програма фізика високих енергій, ядерна енергетика
(назва освітньої програми)
вид дисципліни вибіркова

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: Шарапов Сергій Геннадійович

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

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

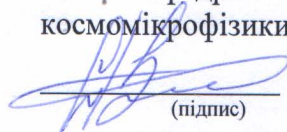
КИЇВ – 2022

Розробник:

Шарапов Сергій Геннадійович, доктор фіз.-мат. наук, старший дослідник, завідувач лабораторії

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри квантової теорії поля та
космомікрофізики



Станіслав ВІЛЬЧИНСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Протокол № 17 від « 27 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії



(підпис)

(Олег ОЛІХ)
(прізвище та ініціали)

« _____ » _____

1. Мета дисципліни – ознайомлення студентів з теоретичними положеннями і методами теорії конденсованого стану, набуття навичок самостійного використання і вивчення літератури в фізиці конденсованого стану.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати основні закони та поняття з квантової теорії поля, статистичної фізики, теорії твердого тіла, зокрема фізики графену. Знати принципи квантовомеханічного опису руху частинок у зовнішньому магнітному полі.
2. Вміти застосовувати набуті раніше знання з курсів математичного аналізу, диференціальних рівнянь, математичної фізики, квантової механіки, квантової теорії поля та статистичної фізики для розв'язку практичних задач з курсу сучасні методи квантової теорії поля в фізиці твердого тіла.
3. Володіти елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, обрахунку фейнманівських діаграм..

3. Анотація навчальної дисципліни:

У курсі розглядаються основи квантових магнітних осциляцій (ефекти де Гааза - ван Альфена та Шубнікова - де Гааза), теоретико-польового методу опису безладу, основним поняттям про цілочисельний квантовий ефект Холла у тому числі і у графені. Навчальна задача курсу полягає в оволодінні сучасними поняттями про цілочисельний квантовий ефект Холла. Результатом навчання є оволодіння знаннями про опису безладу, основним поняттям про цілочисельний квантовий ефект Холла у тому числі і у графені. Методи викладання: лекції. Методи оцінювання: контрольна робота, підготовка реферату та його доповідь, залік.

4. Завдання (навчальні цілі):

оволодіння сучасними методами теорії конденсованого стану, такими як теоретико-польовий метод опис безладу, основні поняттям про цілочисельний квантовий ефект Холла у тому числі і у графені, сприяння розвитку загально фізичного мислення студентів майбутніх фізиків-дослідників і викладачів, формування здатності застосовувати теоретичні знання з фізики конденсованого стану для розв'язку практичних завдань та при наукових дослідженнях.

Згідно освітньо-професійної програми «Квантова теорія поля» (за редакцією 2021 року) дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

загальних

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК01)

фахових:

- Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії. (СК02).
- Здатність володіти сучасним математичним апаратом для проведення теоретичних досліджень квантової теорії поля. (СК11).

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				

1.1	Знати основи теоретичного опису систем з безладом.	Лекції. Самостійна робота	Контрольна робота Доповідь Залікова робота	20
1.2	Знати основні поняття по цілочисельний квантовий ефект Холла.	Лекції. Самостійна робота	Контрольна робота Доповідь Залікова робота	20
Загалом:				40
2. Вміти				
2.1	Вміти розв'язувати задач з квантових магнітних осциляцій.	Лекції. Самостійна робота	Контрольна робота Доповідь Залікова робота	30
Загалом:				30
3. Комунікація				
3.1	Презентувати результати самостійної роботи у формі усних та/або письмових повідомлень	Лекції. Самостійна робота	Реферат та доповідь по ньому Залікова робота	10
3.2	Бути активним учасником дискусій	Лекції. Самостійна робота	Реферат та доповідь по ньому Залікова робота	5
Загалом:				15
4. Автономність та відповідальність				
4.1	Вміти самостійно використовувати наукову літературу та робити доповідь по ній.	Лекції. Самостійна робота	Реферат та доповідь по ньому Залікова робота	10
4.2	Демонструвати вміння працювати самостійно та в колективі	Лекції. Самостійна робота	Реферат та доповідь по ньому Залікова робота	5
Загалом:				15

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Програмні результати навчання (назва)	Результати навчання дисципліни (код)							
	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2
PH01. 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.	+	+	+	+	+	+		
PH04. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.			+	+			+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота 1 за частиною 1 : PH 1.1-1.2, PH 2.1, PH 3.1-3.2 – 30 балів / 8 балів
2. Реферат з доповіддю : PH 1.1-1.2, PH 2.1, PH 3.1-3.2, PH 4.1-4.2 – 30 балів / 8 балів

- відпрацювання пропусків

У разі пропуску занять студент повинен самостійно відпрацювати тему відповідного заняття і

відповіді на контрольні запитання.

- підсумкове оцінювання у формі диференційованого заліку:

підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів), яка визначається як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру. Залік виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру.

Студент не допускається до заліку, якщо під час семестру набрав менше ніж 25 балів. Студент допускається до заліку за умови зробленої доповіді по реферату.

7.2 Організація оцінювання:

Форма оцінювання	Форми викладання і навчання	Форми контролю	Графік оцінювання	
			деталізований	загальний
Семестрова	Лекційні заняття	Контрольна робота	Після тем 1 - 3	Впродовж теоретичного навчання у семестрі
		Доповідь по реферату	Після тем 4 - 5	
	Самостійна робота	Підготовка доповіді по реферату	Після тем 4 - 5	
Підсумкова		Залікова робота	Залежно від графіку навчання	Впродовж семестрового контролю

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59
Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	семінари/ практичні/ лабораторні	Самостійна робота
Частина 2 Квантові магнітні осциляції та теорія поля електронного газу з безладом				
1	Тема 1. Ефект де Гааза - ван Альфена .	4		10
2	Тема 2. Ефект Шубнікова - де Гааза.	2		6
3	Тема 3. Теорія поля електронного газу з безладом.	4		10
	Модульна контрольна робота 1			4
Частина 2 Цілочисельний квантовий ефект Холла (КЕХ)				
4	Тема 4. Вступ до КЕХ. Двовимірна електронна рідина у магнітному полі.	5		10
4	Тема 5. Цілочисельний КЕХ.	5		10
	Доповіді студентів по рефератам	8		10
	ВСЬОГО	30		60

*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год., в тому числі:

Лекцій – 30 год.

Самостійна робота - 60 год.

Теми для доповідей

1. Фейманівські діаграми та зовнішні потенціали. (Розділ 11 [3] (с.177-197 по неповній електр. версії) у паперовій це 12).
2. Ефект Ааронова-Бома та перетворення статистики (Розділ 15 з [10], по рос. виданню це - розділ 14).
3. Спіновий струм (по статті [12]).
4. Катастрофа ортогональності. (Задача 27 [8])
5. Транспорт у мезоскопічних системах. (Розділ 7 [3] (с.107-121 по неповній електр. версії), без "Disordered mesoscopic systems" у паперовій це теж 7 с. 103-120. Також корисна книга [12], с. 85.)
6. Теорія Фермі рідини. (Розділ 14 [3](с.233-252 по неповній електр. версії) у паперовій це 15).
7. Бозе-Ейнштейнівська конденсація у розріджених атомних газах у пастці.
8. Холлівська провідність та TKNN формула.

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. Е. В. Горбар, С. Г. Шарапов, Основи фізики графену, Київ, 2013.

<http://bitp.kiev.ua/files/doc/lectures/graphene-2013-book.pdf>

2. Alexander Altland and Ben Simons, Condensed Matter Field Theory, Cambridge University Press, 2006 (2nd edition 2010).

3. H. Bruus and K. Flensberg, Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics: An Introduction, Oxford University Press, 2004.

4. Piers Coleman, Introduction to Many Body Physics, 2013.
5. М.В. Садовский, Диаграмматика, М.-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2004.
6. А.А. Абрикосов, Основы теории металлов, 2е изд. ФИЗМАТЛИТ, 2009.
7. М.О. Goerbig, Quantum Hall Effects, Preprint arXiv:0909.1998
8. Л.С. Левитов, А.В. Шитов, Функции Грина. Задачи с решениями, 2е изд. ФИЗМАТЛИТ, 2002.

Додаткова:

9. Mahan G.D. Many-Particle Physics. N.Y.: PLENUM PRESS, 1990.
10. Alexei M. Tsvelik, Quantum Field Theory in Condensed Matter Physics, Cambridge University Press, 2003.
11. P. Zhang, Z. Wang, J. Shi, D. Xiao, and Q. Niu, Phys. Rev. B 77, 075304 (2008).
12. В.Ф. Гантмахер, Электроны в неупорядоченных средах, 2е изд. М.: Физматлит, 2005.

10. Додаткові ресурси (за наявності):