

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра квантової теорії поля



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**  
Декан фізичного факультету

\_\_\_\_\_ 2018 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квантова теорія поля при ненульовій температурі

(повна назва навчальної дисципліни)

для здобувачів освітньо-наукового рівня

Доктор філософії

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
освітній рівень третій (освітньо-науковий)  
освітня програма Фізика та астрономія  
вид дисципліни Вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2018/2019
Період навчання	2 курс
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: професор кафедри квантової теорії поля Горбар Едуард Володимирович  
(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 2019/2020 н.р. \_\_\_\_\_ (Оліх О.Я.) «10»\_05\_.2019 р. №21  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_\_\_») «\_\_»\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_\_\_») «\_\_»\_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2018

Розробники: Горбар Едуард Володимирович, доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри квантової теорії поля

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

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ КТП \_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_ (підпис)

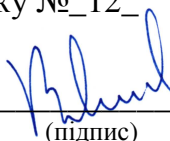
(Вільчинський С.Й.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол від « 06 » \_\_\_\_\_ 03 \_\_\_\_\_ 2018 року № 14

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «\_16\_» \_\_\_\_\_ 04 \_\_\_\_\_ 2018 року №\_12\_

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_ (підпис)

(Зеленський С.Є.)  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни**, яка є однією з вибіркових дисциплін підготовки докторів філософії за спеціальністю 104 Фізика та астрономія, вивчити сучасні теоретичні положення квантової теорії поля при ненульовій температурі, оволодіння методами дослідження квантово-польових систем і квантових систем багатьох частинок при ненульовій температурі, такими як мацубарівські функції Гріна і техніка Швінгера-Келдиша.

### **2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

знати основні поняття квантової теорії поля елементарних частинок і фізики квантових систем багатьох частинок, такі як метод вторинного квантування, метод функцій Гріна, рівняння Швінгера-Дайсона.

### **3. Анотація навчальної дисципліни / референс:**

Курс «Квантова теорія поля при ненульовій температурі» охоплює сучасний досвід в фізиці квантово-польових систем при скінченній температурі. Курс формує професійні навички аспіранта, як самостійного науковця здатного проводити дослідження у фізичних системах, які описуються методами квантової теорії поля при ненульовій температурі. Методи викладання: лекції, практичні, консультації.

**4. Завдання (навчальні цілі)** – застосовувати сучасні методи дослідження для розв'язання практичних задач в фізиці елементарних частинок і систем багатьох частинок та набути навичок самостійного використання і вивчення літератури в фізиці елементарних частинок і квантових конденсованих середовищ.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (третій рівень вищої освіти (дев'ятий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП "Фізика та астрономія" дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*інтегральної:*

Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

*загальних:*

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Здатність генерувати нові ідеї та застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- Здатність працювати в міжнародному контексті.
- Здатність працювати автономно та в команді.
- Здатність розробляти та управляти проектами.
- Навички здійснення безпечної діяльності.
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків .
- Здатність діяти соціально відповідально та свідомо, нести повну відповідальність за самостійно виконану роботу.

*фахових:*

- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту.
- Здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики низькорозмірних систем, володіння принципами структурної побудови низькорозмірних систем.

- Вміння застосовувати методи термодинаміки та статистичної фізики для розв'язку теоретичних і практичних задач в галузі теплофізики та молекулярної фізики (фізики м'якої матерії).
- Вміння застосовувати методи квантової теорії поля в теорії конденсованого стану.

**5. Результати навчання за дисципліною:** (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

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 метод температурних функцій Гріна	<i>Лекції Самостійна робота</i>	<i>Перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи</i>	25
2.1	Вміти використовувати техніку Швінгера-Келдиша	<i>Лекції Самостійна робота Практичні роботи</i>	<i>Опитування в процесі лекцій, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи, виконання творчих аналітично-розрахункових робіт</i>	25
3.1	Демонструвати спілкування в діалоговому режимі з колегами та цільовою аудиторією, ведення професійної наукової дискусії	<i>Лекції Самостійна робота Практичні роботи</i>	<i>Презентація, доповідь</i>	10

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни		
	1.1	2.1	3.1
ПРН 1.1. Знати основні поняття теорії елементарних частинок і фізики квантових систем багатьох частинок.	+		+
ПРН 1.2. Знати техніку Швінгера-Келдиша.		+	+
ПРН 1.4. Знати основні положення квантових кінетичних рівнянь.	+	+	+
ПРН 1.7. Знати теоретичні методи знаходження розв'язків квантових кінетичних рівнянь.	+	+	
ПРН 1.11. Знати методи отримання квантових кінетичних рівнянь для електронів у системах конденсованих середовищ.		+	+
ПРН 1.14. Знати методи отримання та відповідні особливості структури та властивостей функціональних матеріалів.	+		+
ПРН 2.7. Володіти методами кодування та стиснення даних, вміти визначати			+

основні характеристики найпоширеніших технологій локальних мереж та критерії вибору маршруту доправлення пакетів.			
ПРН 5.2. Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.	+		+

ПРН 1.1. Знати основи методології та організації наукових досліджень.	+
ПРН 1.2. Знати основи теорії твердого тіла та процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами та кристалами.	+
ПРН 1.3. Знати основи теорії та методики експериментальних досліджень елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	
ПРН 1.4. Знати особливості будови, фізичних властивостей та елементарних збуджень наноструктур, теоретичних моделей, що застосовуються для їх опису та методів експериментального дослідження.	+
ПРН 1.5. Знати основи теорії та методики експериментальних досліджень властивостей матеріалів..	
ПРН 1.6. Знати принципи побудови низькорозмірних систем, сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики низькорозмірних систем.	
ПРН 1.7. Знати теоретичні методи опису процесів розсіювання рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами.	+
ПРН 1.8. Знати основи фізики напівпровідникових низькорозмірних систем, явища екранування носіїв заряду, приповерхневого квантування, основи ємнісної спектроскопії, процесів саморегулювання при одержанні та дослідження напівпровідникових низькорозмірних систем, включаючи квантові ями, дроти, точки, надгратки.	
ПРН 1.9. Знати загальні методи представлення та передачі інформації та основні способи побудови локальних мереж та методи поєднання їх між собою.	
ПРН 1.10. Знати методи чисельних розрахунків і обробки результатів експериментів і спостережень.	+
ПРН 1.11. Знати методи отримання, особливості структури та властивості металевих систем.	+
ПРН 1.12. Знати програмні пакети для розрахунку електронної та атомної структури матеріалів.	
ПРН 1.13. Знати дифракційні методи для дослідження неупорядкованих	

структур.	
ПРН 1.14. Знати методи отримання та відповідні особливості структури та властивостей функціональних матеріалів.	+
ПРН 1.15. Знати експериментальні методи дослідження функціональних матеріалів.	
ПРН 1.16. Знати методи квантово-хімічних розрахунків.	
ПРН 1.17. Знати програмні пакети - GAUSSIAN, MATLAB, Mathematica, Origin.	+
ПРН 2.1. Здійснювати основні типи спектроскопічних досліджень зразків у конденсованому стані, обробляти та аналізувати результати таких досліджень.	
ПРН 2.2. Застосовувати наявні та створювати нові теоретичні моделі для опису процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами, кристалами та наночастинками.	
ПРН 2.3. Здійснювати розрахунки енергетичного спектру електронних та коливальних елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	
ПРН 2.4. Вміти формулювати фізичні принципи дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами; планувати та виконувати експеримент в галузі дослідження низькорозмірних систем;	
ПРН 2.5. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними та нанорозмірними системами.	
ПРН 2.6. Вміти застосовувати знання із функціонування та діагностики низько розмірних напівпровідникових систем, планувати та виконувати фізичний експеримент в галузі фізики низькорозмірних напівпровідникових систем.	
ПРН 2.7. Володіти методами кодування та стиснення даних, вміти визначати основні характеристики найпоширеніших технологій локальних мереж та критерії вибору маршруту доправлення пакетів.	+
ПРН 2.8. Вміти обирати відповідні програмні пакети для розрахунків фізичних властивостей низькорозмірних систем.	
ПРН 2.9. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів.	
ПРН 2.10. Вміти встановлювати зв'язки між особливостями структури та	

властивостями металевих систем.	
ПРН 2.11. Вміти обирати відповідні програмні пакети для наукових розрахунків.	
ПРН 2.12. Вміти застосовувати квантово-хімічні розрахунки для органічних молекулярних систем.	
ПРН 2.13. Вміти проводити дослідження будови, конформації, електронних, коливних, фізико- механічних, радіаційних, радіобіологічних, радіоекологічних властивостей функціональних матеріалів.	
ПРН 3.1. Володіти здатністю презентувати результати своїх досліджень на наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій діяльності;	
ПРН 3.2. Формулювати висновки фізичних досліджень у формі, що відповідає можливостям сприйняття не спеціалістів.	
ПРН.4.1. Аналізувати наукові праці, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання;	
ПРН 4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми;	
ПРН 4.3. Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	
ПРН 5.1. Знати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії;	
ПРН 5.2. Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.	+

## 7. Структура курсу

Курс складається з 1-го змістового модуля: «Функцій Гріна та діаграмна техніка при ненульовій температурі», який включає в себе 18 лекцій та 4 практичних заняття.

## 8. Схема формування оцінки:

**8.1 Форми оцінювання студентів:** (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням *Min.* – рубіжної та *Max.* кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. *Захист рефератів* : РН 1.1 - 25 балів / 10 балів

2. *Творчі аналітично-розрахункові роботи* : РН 2.1 - 25 балів / 10 балів

3. *Презентація, доповідь* : РН 3.1 - 10 балів / 5 балів

**Підсумкове оцінювання у формі іспиту: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)**

Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому, підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту.

Формою проведення іспиту є написання письмової роботи з подальшою усною співбесідою.

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	<u>36</u>	<u>24</u>	<u>60</u>
Максимум	<u>60</u>	<u>40</u>	<u>100</u>

**- умови допуску до підсумкового іспиту:**

Обов'язковою умовою допуску до іспиту є відпрацювання всіх практичних робіт. Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.

**8.2 Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Реферат з питання по курсу, де оцінюється оволодіння отриманими знаннями, навичками їх застосування.

Захист звітів практичних робіт проводиться упродовж семестру.

**Шкала відповідності**

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail</b>	35-59
<b>Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail</b>	0-34
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	Самостійна робота
<i>Змістовний модуль 1. Функції Гріна та діаграмна техніка при ненульовій температурі</i>				
1	Тема 1. Функції Гріна систем багатьох частинок при ненульовій температурі	2		10



2	Тема 2. Вільна функція Гріна для скалярного поля при ненульовій температурі	2		10
3	Тема 3. Вільна функція Гріна для ферміонного поля при ненульовій температурі	2		10
4	Тема 4. Діаграмна техніка при ненульовій температурі. Мацубарівські частоти	2+ 2 консультації		10
5	Тема 4. Фотонний пропагатор в квантовоелектродинамічній плазмі. Динамічне екранування			8
6	Тема 5. Нерівноважні стани в квантовій теорії поля		2	8
7	Тема 6. Інтеграл по замкненому часовому контуру		2	8
8	Тема 7. Техніка Швінгера-Келдиша для нерівноважних станів	2		8
9	Тема 8. Вільні функції Гріна для скалярного, спірного та векторного полів в техніці Швінгера-Келдиша при ненульовій температурі	2		8
10	Тема 9. Квантові кінетичні рівняння	2		8
11	Тема 10. Кінетичні рівняння для випромінення нейтрино із зірок	2		8
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

Загальний обсяг **120 год.**, в тому числі:

Лекцій – **18 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **4 год.**

Лабораторні заняття – **0 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **96 год.**

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### *Основна: (Базова)*

1. Гриб А.А., Мамаев С.Г., Мостепаненко В.М. Квантовые эффекты в интенсивных внешних полях. М.: АТОМИЗДАТ, 1980.
2. Ициксон К., Зюбер Ж.-Б. Квантовая теория поля. В 2-х т.- М.: МИР, 1984.
3. Абрикосов А.А., Горьков Л.П., Дзялошинский Е.М. Методы квантовой теории поля в статистической физике. М.: ФИЗМАТГИЗ, 1962.
4. Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Теоретическая физика. Том 9. Статистическая физика. М.: НАУКА, 1978.

### *Додаткова:*

1. Le Bellac M. Thermal field theory. Cambridge: CAMBRIDGE UNIVERISTY PRESS, 1996.
2. Calzetta E.A., Hu B.-L. Nonequilibrium quantum field theory. Cambridge: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2008.
3. Маттук Р. Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел. М.: МИР, 1969.