

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

## Інститут високих технологій

### Кафедра теоретичних основ високих технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор Інституту високих технологій

 В.В.Льченко

«08» 09 2017 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Advanced Topics in Condensed Matter Physics**  
(«Додаткові розділи фізики конденсованого стану»)  
для здобувачів наукового ступеня доктор філософії

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
рівень вищої освіти	третій освітньо-науковий
освітньо-наукова програма	" Прикладна фізика та наноматеріали "
вид дисципліни	обов'язкова

Форма навчання - очна, заочна

Навчальний рік - 2017/2018

Курс - 1, півріччя - 2

Кількість кредитів ECTS - 4


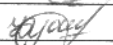
Мова викладання, навчання

та оцінювання - українська

Форма заключного контролю - іспит

#### Викладач:

Колежук Олексій Костянтинович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри теоретичних основ високих технологій

Пролонговано: на 2018/2019 н.р.  (О.К. Колежук) «30» 08 2018р. Лр 1  
на 2019/2020 н.р.  (Н.М. Русішук) «07» 03 2019р. Лр 04

КИЇВ – 2017

**Розробник:**

**Колежук Олексій Костянтинович**, доктор фізико-математичних наук, професор  
кафедри теоретичних основ високих технологій

**«ПОГОДЖЕНО»**

Завідувач кафедри теоретичних основ високих  
технологій  **В.З. Лозовський**

Протокол № 10 від «16» 05 2017 р.

Схвалено науково-методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол № 1 від «29» серпня 2017р.

Голова науково-методичної комісії



**О.К. Колежук**

«29» серпня 2017 року.

**1. Мета дисципліни** – дати знання про метод вторинного квантування, що широко застосовується у фізиці конденсованого стану та лежить в основі сучасних уявлень про макроскопічні квантові явища та про особливості фізичних процесів в сильнокорельованих системах.

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

Навчальна дисципліна Advanced Topics in Condensed Matter Physics («Додаткові розділи фізики конденсованого стану») є частиною вибіркового блоку дисциплін та базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра та магістра, а саме: «Фізика конденсованого стану», «Квантова механіка», «Статистична фізика».

Попередні вимоги:

*аспірант повинен знати:* основи квантової механіки, електродинаміки, статистичної фізики, фізики твердого тіла на рівні випускника магістратури.

*аспірант повинен вміти:* використовувати знання в галузі прикладної фізики, математики, електроніки та інформаційних технологій для виконання наукових досліджень на рівні випускника магістратури

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

Вивчення дисципліни «Advanced Topics in Condensed Matter Physics» («Додаткові розділи фізики конденсованого стану») забезпечує поглиблене вивчення аспірантами основних сучасних методів теорії багаточастинкових систем та їх застосування у фізиці конденсованого стану. Зокрема, в курсі розглядається представлення вторинного квантування, основи діаграмної техніки, фейнманівські інтеграли по траєкторіях. Застосування методу вторинного квантування демонструється на низці прикладів з різних областей фізики конденсованого стану (надпровідність, магнетизм, низьковимірні електронні системи).

**4. Завдання (навчальні цілі):**

1. Засвоїти основні поняття та інструменти методу вторинного квантування для систем бозонних та ферміонних частинок/квазічастинок.

2. Навчити застосовувати отримані знання та уміння, навички використання інформаційних і комунікаційних технологій у професійній діяльності, розвивати логічне та аналітичне мислення аспірантів.

3. Навчити застосовувати знання та уміння у моделюванні складних фізичних систем, прищепити вміння розв'язувати задачі фізики систем багатьох частинок/степеней свободи методами вторинного квантування.

**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			
<b>1</b>	аспірант повинен <b>знати:</b>	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 45
1.1	Бозонні та ферміонні оператори народження та знищення	<i>лекція</i>	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	
1.2	Перетворення Боголюбова для бозонів	<i>лекція</i>	==/==	

1.3	Перетворення Боголюбова для бозонів	лекція	==/==	
1.4	Одно- і дво-частинкові оператори фізичних величин у представленні вторинного квантування. Обчислення вакуумних середніх, нормальне впорядкування, теорема Віка.	лекція	==/==	
1.5	представлення ферміонних операторів через оператори Паулі (перетворення Джордана-Вігнера).	лекція	==/==	
1.6	Модель надпровідності Бардіна-Купера-Шриффера	лекція	==/==	
1.7	Модель надплинності Боголюбова	лекція	==/==	
1.8	Вироджений електронний газ з кулонівською взаємодією	лекція	==/==	
1.9	Найпростіші задачі квантової теорії магнетизму:	лекція	==/==	
2	аспірант повинен <b>вміти</b> :	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 45
2.1	Будувати модельні гамільтоніани багаточастинкових систем	==/==	==/==	
2.2	Діагоналізувати квадратичні бозонні і ферміонні гамільтоніани	==/==	==/==	
2.3	Застосовувати метод середнього поля для наближеної трактовки двочастинкової взаємодії	==/==	==/==	
3	<b>Комунікація</b>	лекційні заняття,		до 5
3.1	Здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування			
3.2	Здатність бути відповідальним за внесок в роботу команди при вирішенні проблеми	лекційні заняття з використанням роботи у підгрупах	оцінювання виконання завдань для самостійної	
4	<b>автономність та відповідальність</b>	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 5
4.1	самостійність у навчанні та/або професійній діяльності			



## 7. Схема формування оцінки

**7.1. Форми оцінювання аспірантів:** рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт і за результатами виконання самостійних завдань. Вклад результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні наступний:

- результати навчання 1.1 – 1.9 [знання] до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [вміння] – до 45%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 5%;

Форми оцінювання аспірантів:

- **семестрове оцінювання:** контроль здійснюється за таким принципом. Навчальний семестр має один змістовний модуль. Після завершення теми №6 проводиться письмова модульна контрольна робота. Обов'язковим для допуску до іспиту є: написання модульної контрольної роботи з кількістю балів не менше 12 та виступу з доповіддю на семінарі.
- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається із 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за іспиті можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою **24 балів**.
- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання аспірантом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум 36 балів* за семестр. Аспіранти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **36 балів**, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

У випадку відсутності аспіранта з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

## 7.2. Організація оцінювання;

*Оцінювання за формами контролю:*

	<i>ЗМ</i>	
	<i>Min. – балів</i>	<i>Max. – балів</i>
Модульна контрольна робота	12	20
Виступ на семінарі	15	25
Виконання аспірантами самостійних робіт	9	15

*Орієнтований графік оцінювання:*

	<i>Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання</i>
Модульна контрольна робота 1	травень
Виступ на семінарі	травень
Виконання аспірантами самостійних робіт	березень - червень
Добір балів/додаткова контрольна робота та/або доскладання домашніх завдань	червень
Іспит	червень

*Розрахунок балів, які аспірант отримує при успішній здачі заліку:*

	Змістовий модуль	Іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	36	24	60
<b>Максимум</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

### 7.3. Шкала відповідності оцінок

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

### 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	У тому числі		
		Лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	<i>Оператори народження та знищення. Стационарні стани одновимірного гармонічного осцилятора в операторному представленні. Алгебра бозонних операторів народження/знищення, обчислення вакуумних середніх. Узагальнення на випадок багатьох осциляторів. Найпростіший випадок ланцюжка зв'язаних осциляторів.</i>	2		8
2	<i>Перетворення Боголюбова для бозонів. Діагоналізація квадратичної форми по бозонних операторах. Унітарність перетворення Боголюбова. Структура основного стану квадратичного бозонного гамільтоніана. Фоони в пружному ланцюжку.</i>	2		11
3	<i>Ферміонні оператори народження/знищення. Алгебра ферміонних операторів. Явне представлення ферміонних операторів через оператори Паулі (перетворення Джордана-Вігнера).</i>	2		11
4	<i>Узагальнення операторів народження/знищення на довільні стани частинок. Вторинно-квантована «хвильова функція». Одно- і дво-частинкові оператори фізичних величин у представленні вторинного квантування. Обчислення вакуумних середніх, нормальне впорядкування, теорема Віка.</i>	2		11
5	<i>Модель надпровідності Бардіна-Купера-Шриффера. Рівняння для щільності при <math>T=0</math> і при скінченній температурі</i>	4		11

6	<i>Модель надплинності Боголюбова.</i>	2		11
7	<i>Вироджений електронний газ з кулонівською взаємодією..</i>	4		11
8	<i>Найпростіші задачі квантової теорії магнетизму: Магнони у феромагнетиках і антиферомагнетиках. Спінони в ланцюжку спіну 1/2. Квантовий фазовий перехід в моделі Ізінга в поперечному полі.</i>	4		11
<b>ЗАГАЛОМ</b>		<b>22</b>		<b>96</b>

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

Лекцій – **22**- год.

Практичні заняття – 0 год.

Консультації – **2** год.

Самостійна робота - **96** год.

### **9. Рекомендовані джерела:**

#### **Основні:**

1. P.Coleman, Introduction to Many-body Physics //CUP, 2015 – 626 pp.
2. Henrik Bruus and Karsten Flensberg, Many-Body Quantum Theory in Condensed Matter Physics: An Introduction, Oxford University Press (2004) – 435 pp
3. A.L. Fetter, J. D. Walecka, Quantum theory of many-particle systems, McGraw-Hill, 1971 - 601 p.
4. Абрикосов, А.А.; Горьков, Л.П.; Дзялошинский, И.Е., Методы квантовой теории поля в статистической физике, М.: ФИЗМАТГИЗ, 1962, 444 с.
5. Хакен Х., Квантовополевая теория твердого тела, М.: Наука, 1980 – 344с.

#### **Додаткові:**

1. Chaikin P.M., Lubensky T.C. // Principles of condensed matter physics// CUP, 1995
2. Ziman J.M. Elements of Advanced Quantum Theory //CUP, 1969
3. Е.М.Лифшиц, Л.П.Питаевский, Статистическая физика Ч.2: Теория конденсированного состояния. М.: Наука, 1978 – 448с.
4. Р.Фейнман, Статистическая механика// М.: Мир, 1978