

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра теоретичної фізики та астрономії



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

О.В.Запорожченко

2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ВИБРАНІ ЗАДАЧІ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ТА СТАТИСТИЧНОЇ ФІЗИКИ

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий) рівень – доктор філософії

Галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)

Спеціальність 104 - фізика та астрономія
(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія

Вид дисципліни вибіркова

Факультет Математики, Фізики та Інформаційних Технологій
(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

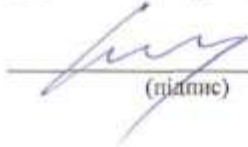
Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробники програми:

доктор фізико-математичних наук, професор Кулінський В.Л.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної фізики та астрономії Протокол №1 від «31» серпня 2020 року

Завідувач кафедри


(підпис)

Адамян В.М.
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від « 3 » вересня _____ 2020 року

Голова НМК


(підпис)

Ніцук Ю.А.
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Вибрані задачі квантової теорії та статистичної фізики» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія».

Освітньо-наукова програма: «Фізика та астрономія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є:

надати майбутнім докторам філософії з фізики та астрономії необхідного мінімуму відомостей із сучасних методів статистичної фізики та квантової теорії поля.

Засвоєння фундаментальних фізичних складових, отримання практичних навичок, що здобуваються в межах дисципліни «Вибрані задачі квантової теорії та статистичної фізики» є умовою для подальшого засвоєння дисциплін за вибором з циклу професійної підготовки, успішного виконання наукової роботи.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

засвоєння аспірантами основних методів вивчення критичних явищ на основі уявлень про масштабну симетрію та методи конформної симетрії.

Інтегральна компетентність (ІК) - 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.

Загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1),
- Здатність управління інформацією (пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел) (ЗК2),
- Здатність проведення самостійних досліджень (ЗК 9),

Фахові компетентності:

- Здатність застосовувати знання статистичної фізики та квантової теорії поля для дослідження критичних явищ (ФК 4),
- Усвідомлення мети й завдань сучасної фізики та астрономії, здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей фізики або астрономії (ФК -9).

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна/ <u>за вибором</u>
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Лекції
12 год.
Практичні/семінарські
30 год.
Лабораторні
-
Самостійна робота
48 год.
У тому числі індивідуальні завдання
-

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-науковою програмою «Фізика та астрономія»

спеціальності 104 – «Фізика та астрономія» аспіранти можуть досягти наступних результатів навчання:

- Володіти методами теорії масштабної інваріантності, володіти теорією збурень, діаграмною технікою та методом трансфер-матриці для ґраткових моделей статистичної фізики; проводити аналіз властивостей кореляційних функцій які витікають із наявності масштабної та конформної симетрії;
- Знати актуальні напрями наукових досліджень зі статистичної фізики та теорії поля, аналізувати історію розвитку досліджень в порівнянні з сучасною проблематикою науки;

2. Тематичний план навчальної дисципліни

1 рік

Розділ 1. Граткові моделі статистичної фізики

Тема 1. Граткові моделі. Одновимірний модель Ізинга та модель Кюри-Вейса. Трансформативна матриця 1-вимірної моделі.

Тема 2. Діаграмна техніка Теорія збурень за взаємодією. Діаграмне представлення ряду теорії збурень. Звідні та незвідні, зв'язні та незв'язні діаграми. Прямі та повні кореляційні функції. Співвідношення Орнштейна-Церніке. Рівняння Дайсона.

Розділ 2. Точне рішення 2-мірної моделі Ізинга

Тема 3. Критична точка моделі Ізинга. Високо- та низькотемпературні розклади. Симетрія Крамерса-Ван'є. модель Лі-Янга граткового газу.

Тема 4. Ферміонне представлення трансформативної моделі Ізинга як 1+1 модель ферміонних збуджень. Спектр збуджень та енергетична щільність. Критична поведінка теплоємності.

Розділ 3. Масштабна та Конформна симетрія. Мінімальні моделі

Тема 5. Масштабна симетрія в критичній точці. Основні уявлення про природу критичного стану. Масштабна інваріантність, однорідність критичних асимптотик термодинамічних функцій. Ренормгрупа.

Тема 6. Алгебра конформної симетрії. Група конформних перетворень. Теорема Ліувілля. Локальні та глобальні конформні перетворення. Конформна алгебра. Примарні та квазі-примарні поля. Центральний заряд. Властивості кореляційних функцій, принцип розщеплення кореляцій. Правила розкладу операторних добутків (operator product expansion). Мінімальні моделі CFT. 2d Модель Ізинга як мінімальна модель конформної теорії поля.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Граткові моделі статистичної фізики						
Тема 1	15	2	5	-	-	8
Тема 2	15	2	5	-	-	8
Розділ 2. Точне рішення 2-мірної моделі Ізинга						
Тема 3	15	2	5	-	-	8
Тема 4	15	2	5	-	-	8
Розділ 3. Конформна симетрія та мінімальні моделі						
Тема 5	15	2	5	-	-	8

Тема 6	15	2	5	-	-	8
Усього годин	90	12	30	-	-	48

4. Теми практичних занять

1. Обчислення трансфер-матриці 1-d моделі Ізинга та її термодинамічних характеристик.
2. Самоузгоджене поле Кюри-Вейса в рамках діаграмної техніки.
3. Ферміонне представлення Матіса-Ліба трансфер-матриці 2-d моделі Ізинга.
4. Діагоналізація трансфер-матриці
5. Рівняння Янга-Бакстера
6. Зв'язок конформних важелів з критичними асимптотиками кореляційних функцій

5. Завдання для самостійної роботи

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено навчальним і робочим планом

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються інтерактивні методи навчання, наочні методи навчання. Базовим методом навчання є поєднання лекції та практичних занять. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

8. Методи контролю

Для кожної теми формами контролю навчальних здобутків студентів можуть бути поточний контроль: конспект з лекцій; оцінка активності роботи на лекціях; аудиторне поточне опитування; домашні завдання. Підсумковий семестровий контроль (залік). Підсумкові бали для оцінки знань студентів за розділ розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Число балів
1	Відвідування лекцій	Конспект	5
2	Активність на семінарах		3-5
Σ Разом			8-10

9. Схеми нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання	Залікова робота	Сума
--	-----------------	------

Розділ 1-3

Контрольна робота, передбачена навчальним планом		Індивідуальне завдання	Разом
T1	T2		
20	20	60	100

9. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль (залік) проводиться у письмовій формі. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 30 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 30 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 25 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 26 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 20 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що аспірант отримав на екзамені, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою що наведена нижче.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка		
	За шкалою ЄКТС	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

10. Рекомендована література

1. Основна література

1. Бэкстер, Р. Точно решаемые модели статистической механики Мир, **1985**
2. Amit, D. Field theory, the renormalization group, and critical phenomena, McGraw-Hill, Inc., **1978**
3. Cardy, J. Scaling and Renormalization in Statistical Physics Oxford University Press, **1996**
4. Di Francesco, P.; Mathieu, P. & Senechal, D. Conformal Field Theory (Graduate Texts in Contemporary Physics) Springer, **1999**
5. Паташинский, А. З. Покровский, В. Л. Флуктуационная теория критических явлений Наука, **1982**
6. Изюмов, Ю. А. & Скрябин, Ю. Н. Статистическая механика магнитоупорядоченных систем, Наука, **1987**,
7. Юхновский, И. Р. Фазовые переходы второго рода: Метод коллективных переменных Наукова Думка, **1985**
8. Henkel M. , Conformal Invariance and Critical Phenomena, Springer **1999**
9. Anisimov, M. Critical Phenomena in Liquids and Liquid Crystals, Routledge, **1991**

2. Додаткова література

10. Kramers, H. A. & Wannier, G. H. Statistics of the Two-Dimensional Ferromagnet. Part I Phys. Rev., American Physical Society, **1941**, 60, 252-262
11. Onsager, L. Crystal Statistics. I. A Two-Dimensional Model with an Order-Disorder Transition Phys. Rev., American Physical Society, **1944**, 65, 117-149
12. Kaufman, B. & Onsager, L. Crystal Statistics. III. Short-Range Order in a Binary Ising Lattice Phys. Rev., American Physical Society, **1949**, 76, 1244-1252
13. Belavin, A. A.; Polyakov, A. M.; Zamolodchikov, A. B. Infinite conformal symmetry in two-dimensional quantum field theory, Nuclear Physics B, **1984**, 241, 333-380
14. Поляков, А. Конформная симметрия критических флуктуаций, Письма в ЖЭТФ, **1970**, 12, 538-541