

1. Опис навчальної дисципліни

(Витяг з робочої програми навчальної дисципліни
“Квантова теорія поля”)

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів — 6		Нормативна
Модулів — 1	Напрямок підготовки 0701 Фізика	<i>Рік підготовки:</i> 5-й
Змістових модулів — 2	Спеціальність 8.070101 Фізика спеціалізація «Теоретична фізика»	
Загальна кількість годин — 204		
		<i>Лекції</i> 34 год.
		<i>Практичні, семінарські</i> —
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних — 4 самостійної роботи студента — 8	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	<i>Лабораторні</i> 34 год
		<i>Самостійна робота</i> 136 год.
		<i>Вид контролю: іспит</i>

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: формування в майбутнього фізика цілісної картини фізичних явищ, пов'язаних зі взаємодіями елементарних частинок.

Завдання: навчити студентів використовувати фізичних концепції та формальний апарат квантової теорії поля для опису взаємодії елементарних частинок.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати основні фізичні концепції та математичний апарат квантової теорії поля.

вміти: застосовувати математичний апарат квантової теорії поля для опису різних взаємодій мікрочастинок, проводити канонічне квантування, квантування методом функціонального інтегрування вільних полів та полів зі взаємодією.

Для слухачів курсу необхідними є знання з математичного аналізу, диференціальних рівнянь та з теоретичної фізики.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1. Симетрії і калібрувальні поля.

Тема 1. Лагранжевий формалізм.

1. Варіаційний принцип.
2. Дійсне скалярне поле. Рівняння Клейна-Гордона.
3. Теорема Ньотер.
4. Закони збереження енергії, імпульсу, моменту імпульсу як наслідки інваріантності просторово-часових трансляцій і обертань.

Тема 2. Калібрувальні перетворення.

1. Комплексне скалярне поле. Глобальні калібрувальні перетворення. Закон збереження заряду.
2. Локальні $U(1)$ -калібрувальні перетворення.
3. Неабелеві калібрувальні поля.
4. Симетрія $SU(2)$. Поле Янга-Міллса.

Тема 3. Канонічне квантування.

1. Квантування дійсного скалярного поля.
2. Квантоване комплексне скалярне поле.
3. Частинки і античастинки. Бозони.
4. Квантування поля Дірака.
5. Квантування електромагнітного поля у кулоновому калібруванні.

Змістовий модуль 2. Квантування методом функціональних інтегралів.

Тема 4. Канонічне квантування.

1. Фейнманове формулювання квантової механіки на основі функціональних інтегралів.
2. Теорія збурень. S -матриця. Амплітуда переходу вакуум-вакуум у присутності джерела.
3. Вакуумні середні хронологічних добутоків операторів як функціональні похідні. Твірний функціонал для скалярних полів.
4. Твірний функціонал для функцій Гріна вільних частинок. n -часткові функції Гріна. Теорема Віка.

Тема 5. Взаємодіючі поля.

1. Твірний функціонал для взаємодіючих полів. Теорія ϕ^4 . Обчислення 2-, 4-точковий функції Гріна у першому порядку теорії збурень. Діаграми Фейнмана.
2. Твірний функціонал для спінового поля. Алгебра Грассмана. S -матриця. Редукційна формула.
3. Амплітуда nN -розсіяння. Правила Фейнмана для скалярних і спінових полів.

Тема 6. Спонтанне порушення симетрії.

1. Спонтанне порушення $U(1)$ симетрії. Голдстоунів бозон. Спонтанне порушення $O(3)$ -симетрії.
2. Спонтанне порушення калібрувальних симетрій. Явища Хіггса.
3. Єдина модель слабкої і електромагнітної взаємодії Вайнберга–Салама.
4. Перенормування. Розбіжності в теорії ϕ^4 . Розмірна регуляризація теорії. Ренормалізаційна група. Асимптотична свобода.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
1	2	3	4	5	6	7
МОДУЛЬ 1						
<i>Змістовий модуль 1. Симетрії і калібрувальні поля</i>						
Тема 1. Лагранжевий формалізм.	24	4		4		16
Тема 2. Калібрувальні перетворення.	24	4		4		16
Тема 3. Канонічне перетворення.	24	4		4		16
<i>Разом – зм. модуль 1</i>	<i>72</i>	<i>12</i>		<i>12</i>		<i>48</i>
МОДУЛЬ 2						
<i>Змістовий модуль 2. Взаємодіючий бозе-газ</i>						
Тема 4. Твірні функціонали.	38	8		6		24
Тема 5. Взаємодіючі поля.	48	8		8		32
Тема 6. Спонтанне порушення симетрії.	46	6		8		32
<i>Разом – зм. модуль 2</i>	<i>132</i>	<i>22</i>		<i>22</i>		<i>88</i>
Усього годин	204	34		34		136

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття в курсі не передбачені.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття в курсі не передбачені.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Симетрія і кварки.	4
2	Структура адронів.	4
3	Слабкі взаємодії.	4
4	Електрослабкі взаємодії.	4
5	Вимірювання основних параметрів електрослабкої взаємодії і КХД.	2
6	Проведення експериментів.	4
7	Мезони і баріони.	4
8	Теорія великого об'єднання.	4
9	Маса нейтрино.	4
	Разом	34

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Група $SU(2)$. Скінченні групи симетрії: P і C . Група $SU(3)$: ізоспін і дивність. Кварк-антикваркові стани: мезони. Трикваркові стани: баріони. Важкі кварки.	16
2	Дослідження розподілу заряду електронами, формфактори. Електрон-протонне розсіяння, формфактори протона. Кварки всередині протона. Глюони.	16
3	Порушення парності і $V-A$ форма слабкої взаємодії. Бета-розпад ядер. Розпад мюона. Розпад піона. Нейтральні суми і розсіяння нейтрино на кварках. Кут Кабіббо. Кути змішування у слабких взаємодіях. Порушення CP -інваріантності.	16
4	Слабкий ізоспін і слабкий гіперзаряд. Основні електрослабкі взаємодії. Ефективна струм-струм взаємодія. Розсіяння нейтрино на електроні.	14
5	Вимірювання $\sin^2 \theta$. Розпад мюона. Вимірювання константи зв'язку. Параметри стаціонарної моделі.	10
6	Продукти взаємодій, що відбуваються у колайдері. Прискорювачі, їх майбутнє. Експерименти при низьких енергіях. Сучасні дослідження і майбутній розвиток.	16
7	Конфайнмент кольору і кольорові синглетні адрони. Кваркові числа мезонів і баріонів. Кварки.	16
8	Об'єднання кварків і лептонів. Розпад протона. Асиметрія баріонів. Суперсиметрія. Народження і детектування суперсиметричних партнерів. Легкі суперсиметричні частинки і темна матерія.	16
9	Наслідки ненульових мас нейтрино. Нейтринні осциляції. Сонячні нейтрино. Вимірювання мас нейтрино при розпадах.	16
	Разом	136

10. Методи контролю

Контроль засвоєння матеріалу включає поточний контроль (підсумкове тестування за двома змістовими модулями, 2×20 балів), оцінку виступів на спеціалізаторних заняттях (10 балів), разом за семестр 50 балів, іспит (50 балів). Сумарна оцінка, таким чином, виставляється за 100-бальною шкалою.

11. Розподіл балів, що присвоюється студентам

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота						Робота на лабораторних	Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2					
T1	T2	T3	T4	T5	T6			
7	7	6	7	7	6	10	50	100

Шкала оцінювання: Університету, національна та ECTS

Оцінка в балах	Оцінка ECTS	Визначення	За національною шкалою	
			Екзаменаційна оцінка, оцінка з диференційованого заліку	Залік
90–100	A	Відмінно	Відмінно	Зараховано
81–89	B	Дуже добре	Добре	
71–80	C	Добре		
61–70	D	Задовільно	Задовільно	
51–60	E	Достатньо		

13. Рекомендована література

Базова

1. Л. Райдер. Квантовая теория поля. М.: Мир, 1987.
2. С. Вайнберг. Квантовая теория поля. Т. 1, 2. М.: Физматлит, 2003.
3. К. Ициксон, Ж. Б. Зюбер. Квантовая теория поля. М.: Мир, 1984.– Т.1.
4. Дж. Д. Бьеркен, С. Д. Дрелл. Релятивистская квантовая теория. М.: Мир, 1987.
5. Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. Введение в теорию квантовых полей. М.: Мир, 1981.
6. П. Ченг, Л. Ф. Ли. Калибровочные теории в физике элементарных частиц. М.: Мир, 1989.
7. Г. Кейн. Современная физика элементарных частиц. М.: Мир, 1989.
8. Ф. Хелзен, А. Мартин. Кварки и лептоны. М.: Мир, 1987.

Допоміжна

1. А. Садбери. Квантовая механика и физика элементарных частиц. М.: Мир, 1989.
2. П. Риман. Теория поля. М.: Мир, 1984.
3. Мічіо Кайку. Візії і як людина змінить ХХІ сторіччя. Львів: Літопис, 2004.
4. Мічіо Кайку. Гіперпростір. Львів: Літопис, 2005.