

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Квантова теорія поля

напряму підготовки 6.040203 - фізика

для спеціальності 8.04020301 - фізика

спеціальний курс кафедри
теоретичної фізики імені академіка І.М.Ліфшиця
фізичного факультету

Кредитно-модульна система
організації навчального процесу

Розробник: **Степановський Юрій Петрович, канд. фіз-мат., с.н.с.**

Харків – 2012

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів 1,5	Напрямок підготовки 6.040203 - фізика	денна форма навчання
Модулів немає	Спеціальність 8.04020301 - фізика	Рік підготовки: V-й
Загальна кількість годин - 54		Семестр 9-й
		Лекції 36 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 1	Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр	Практичні немає
		Самостійна робота 18 год.
		Вид контролю: залік

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 1:2

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: сформувати уявлення студентів про квантову теорію поля, зокрема про квантову електродинаміку, квантову хромодинаміку та теорію електрослабких взаємодій.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: якісні, наближені та точні методи дослідження різноманітних проблем квантової теорії поля.

вміти: за допомогою методів квантової теорії поля досліджувати та вирішувати конкретні задачі, виникаючі у практичній діяльності.

3. Програма навчальної дисципліни

9-й семестр

Тема 1. Предмет курсу і коротка історія розвитку квантової теорії поля.

Експерименти, підтверджуючі справедливість квантової теорії поля. Розвиток уявлень

про фотони, глюони, електрони, нейтрино та кварки, частинки та античастинки. Когерентні стани фотонів і граничний перехід від квантової електродинаміки до класичної.

Тема 2. Рівняння Клейна - Гордона.

Введення електромагнітної взаємодії в рівняння Клейна-Гордона. Негативні енергії. Античастинки. Зарядове спряження. Звертання часу. Вираження для 4-вектора струму. Скалярний добуток.

Тема 3. Групи Лі та їх представлення. Групи Лоренца і Пуанкаре. Спінорні представлення групи Лоренца. Представлення групи Лоренца у загальному випадку.

Тема 4. Хвильові рівняння безмасових полів.

Рівняння Максвелла у формі Майорани. Рівняння слабких гравітаційних хвиль. Рівняння Вейля для нейтрино. Мала група Лоренца та хвильові рівняння безмасових полів.

Тема 5. Рівняння Дірака.

Властивості матриць Дірака. Релятивістська інваріантність рівняння Дірака. Введення електромагнітної взаємодії в рівняння Дірака. 4-вектор струму. Скалярний добуток.

Тема 6. Нерелятивістська границя рівняння Дірака.

Нерелятивістське наближення Паулі. Магнітний момент електрона. Тонка взаємодія електрона з електричним полем. „Розмір” електрона.

Тема 7. Античастинки.

Рішення з негативною енергією. Зарядове спряження. Позитрони як електрони з негативною енергією, що рухаються назад у часі.

Тема 8. Спін у теорії Дірака.

Рішення рівняння Дірака для вільних частинок з визначеними енергією і імпульсом. Спін електрона. Релятивістський опис спіну електрона.

Тема 9. Калібрувальні поля.

Електромагнітне поле як калібрувальне. Гравітаційне поле як калібрувальне. Індуктована гравітація. Глюонні поля.

Тема 10. Електрослабка теорія та квантова хромодинаміка.

Векторні бозони в електрослабкій теорії та глюони у квантовій хромодинаміці як кванти калібрувальних полів. Бозон Хігса.

Тема 11. Квантування вільних полів.

Квантування скалярного поля. Розклад операторів поля по плоским хвилям. Вакуумні середні для добутоків операторів поля. Хронологічний і нормальний добуток операторів.

Тема 12. Квантування електромагнітного поля.

Подолання труднощів, що виникають при квантуванні електромагнітного поля. Перестановочні співвідношення для операторів 4-потенціалів електромагнітного поля. Ін-дефінітна метрика.

Тема 13. Квантування електронно-позитронного поля.

Антикомутатори операторів поля. Хронологічний і нормальний добуток операторів поля.

Тема 14. Взаємодія квантованого електромагнітного поля з квантованим електронно-

позитронним полем.

Система рівнянь квантової електродинаміки в гейзенберговському представленні. Представлення взаємодії. Інваріантна теорія збурень. Матриця розсіювання.

Тема 15. Деякі квантово-електродинамічні явища.

Графічне представлення нормальних добутків. Найпростіші діаграми. Імпульсне представлення. Правила Фейнмана для обчислення матричних елементів матриці розсіювання. Розсіювання фотона електроном: матричний елемент розсіювання; диференціальний перетин розсіювання у випадку неполяризованих частинок.

Тема 16. Усунення розбіжностей з матриці розсіювання і перенормуємість квантової електродинаміки.

Вищі порядки теорії збурень і розбіжності в квантовій електродинаміці. Власна енергія фотона. Власна енергія електрона. Вершинна функція. Перенорміровка маси і заряду.

Тема 17. Радіаційні поправки.

Поляризація вакууму і модифікація закону Кулона. Аномальний магнітний момент електрона. Радіаційне зміщення рівнів атома водню.

Тема 18. Випаровування чорних дірок.

Когерентні та «стиснені» стани у квантовій електродинаміці. Чорні дірки, їх випаровування та інформаційний парадокс у теорії випаровування чорних дірок.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	сп
1	2	3	4	5	6	7
8 семестр						
Тема 1	3	2				1
Тема 2	3	2				1
Тема 3	3	2				1
Тема 4	3	2				1
Тема 5	3	2				1
Тема 6	3	2				1
Тема 7	3	2				1
Тема 8	3	2				1
Тема 9	3	2				1
Тема 10	3	2				1
Тема 11	3	2				1
Тема 12	3	2				1
Тема 13	3	2				1
Тема 14	3	2				1
Тема 15	3	2				1
Тема 16	3	2				1
Тема 17	3	2				1
Тема 18	3	2				1

Усього годин	54	36				18
Залік						

5. Теми практичних занять

Практичні заняття учбовим планом не передбачені.

6. Самостійна робота

Назва теми	Кількість годин
1	2
Тема 1. Рівняння Шредінгера як нерелятивістська границя рівняння Клейна-Гордона.	
Тема 2. Частинка зі спином нуль у кулоновському полі.	
Тема 3. Функції Гріна рівняння Клейна-Гордона.	
Тема 4. Теорема Майорани-Пенроуза про властивості спінтензорів та її застосування.	
Тема 5. Парадокс Клейна.	
Тема 6. Функції Гріна рівняння Дірака.	
Тема 7. Розсіювання релятивістського електрона у зовнішньому полі по теорії збурень.	
Тема 8. Релятивістський атом водню.	
Тема 9. Прецесія Томаса та рівняння Баргмана-Мішеля-Телегді.	
Тема 10. Функції Гріна квантованого скалярного поля.	
Тема 11. Функції Гріна квантованого електромагнітного поля.	
Тема 12. Функції Гріна квантованого електронно-позитронного поля.	
Тема 13. Неспроможність локалізувати фотон у скінченній області. Теорема Вайнберга-Віттена.	
Тема 14. Рівняння Максвелла у загально-коваріантному вигляді та грассманові змінні. Поняття про суперсиметрію.	
Тема 15. Розсіювання електрона на електроні: матричний елемент розсіювання; перетин розсіювання.	
Тема 16. Анігіляція електронно-позитронної пари: матричний елемент двухфотонної анігіляції; розпад позитронія.	
Тема 17. Випромінювання довгохвильових фотонів. Інфрачервона катастрофа.	
Тема 18. Поле випромінювання класичного струму; когерентні стани квантованого електромагнітного поля.	

7. Методи навчання

Лекції, самостійна робота.

8. Методи контролю

Залік.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Залік

Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
100	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	A	відмінно
80-89	B	добре
70-79	C	
60-69	D	задовільно
50-59	E	
1-49	FX	незадовільно

10. Методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Мультимедійні презентації лекцій.

11. Рекомендована література

Базова

1. А.И.Ахиезер, В.Б.Берестецкий, "Квантовая электродинамика", Наука, 1981.
2. С.Швебер, "Введение в релятивистскую квантовую теорию поля", ИЛ, 1963.
3. Н.Н.Боголюбов, Д.В.Ширков, "Введение в теорию квантованных полей", Наука, 1976.
4. І. О.Вакарчук, "Квантова механіка", Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012.

Допоміжна

5. В.Тирринг, "Принципы квантовой электродинамики", Высшая школа, 1964.
6. Ф.Дайсон "Релятивистская квантовая механика", Москва-Ижевск, РХД, 2009.
7. Р.Фейнман "КЭД – странная теория света и вещества", Москва, Астрель, 2012.
8. Н.Биррелл, П.Девис, "Квантованные поля в искривленном пространстве-времени", Мир, 1984.
9. А. И. Ахиезер, Ю. П. Степановский. "От квантов света до цветных кварков", Киев, Наукова думка, 1993.
10. Ю. П. Степановский. От уравнений Максвелла до фазы Берри и сонолюминисценции: проблемы теории электромагнитного и других безмассовых полей // Электромагнитные явления, Том 1, № 2, 1998, С. 180-219.