**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

                    фізичний факультет

(назва факультету, інституту)

Кафедра                                    квантової теорії поля

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана з навчальної роботи

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_О.В. Момот

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2020 року

## **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

#### Основи квантової теорії поля

*(повна назва навчальної дисципліни)*

**для студентів**

**галузь знань**10 Природничі науки

*(шифр і назва)*

**спеціальність**104 Фізика та астрономія

*(шифр і назва спеціальності)*

**освітній рівень**                                  бакалавр

*(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)*

**освітня програма**                            фізика

*(назва освітньої програми)*

**спеціалізація**фізика високих енергій

*(за наявності)* *(назва спеціалізації)*

**вид дисципліни**                               вибіркова

Форма навчання    денна

Навчальний рік   2020/2021

Семестр         8

Кількість кредитів ЕСТS         3

Мова викладання, навчання

та оцінювання  українська

Форма заключного контролю      залік

Викладачі:        Горкавенко Володимир Миколайович

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_) «\_\_»\_\_\_ 20\_\_р.

(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_) «\_\_»\_\_\_ 20\_\_р.

(підпис, ПІБ, дата)

##### КИЇВ – 2020

Розробник:

Горкавенко Володимир Миколайович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри квантової теорії поля.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри \_\_\_\_\_квантової теорії поля\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (\_Вільчинський С.Й.\_)

(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від «21» \_\_травня\_ 2020 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету/інституту

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_фізичного факультету\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Протокол від «\_\_11\_\_» \_\_червня\_\_\_ 2020 року №\_33\_\_

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (\_\_Оліх О.Я.\_\_\_)

(підпис) (прізвище та ініціали)

**ВСТУП**

**1. Мета дисципліни**–отримання базових теоретичних знань і практичних навичок з квантової теорії поля та стандартної моделі фізики елементарних частинок .

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

1. Знатиосновні принципи квантової механіки та релятивістської квантової механіки.

2. Володіти елементарними навичками пошуку та опрацювання спеціалізованої літератури, розв’язку алгебраїчних і диференційних рівнянь, побудови та аналізу графічних залежностей.

**3. Анотація навчальної дисципліни**:В рамках курсу «Основи квантової теорії поля» студенти оволодіють загальними принципами побудови лагранжіанів фізичних теорій (зокрема принцип локальної калібрувальної інваріантності, принцип спонтанного порушення симетрії), зможуть вивести вираз для лагранжіану Стандартної моделі фізики елементарних частинок з перших принципів та провести розрахунки основних реакцій в Стандартній моделі в першому незникаючому наближенні.

**4. Завдання (навчальні цілі)** – навчити студентів будувати лагранжіан Стандартної моделі фізики елементарних частинок та розуміти варіанти додавання нових доданків, що нестимуть у собі нову фізику;

**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** |
| *1.1* | *Знати:* загальні принципи побудови лагранжіанів фізичних теорій (зокрема принцип локальної калібрувальної інваріантності, принцип спонтанного порушення симетрії), процедуру виведення лагранжіану Стандартної моделі фізики елементарних частинок з перших принципів | *Лекції*  *Практичні* | *Контрольна робота* | 30 |
| *2.1* | *Вміти:* розраховувати перерізи розсіяння та ймовірності розпаду для основних процесів Стандартної моделі; володіти математичним апаратом квантової теорії поля в нижчих порядках теорії збурень. | *Лекції*  *Практичні* | *Контрольна робота* | 30 |

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Результати навчання дисципліни**  **Програмні результати навчання** | **1.1** | **1.2** | **1.3** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**7. Схема формування оцінки**

**7.1 Форми оцінювання студентів:**

**- семестрове оцінювання:**

*1.Контрольна робота 1 за темами 1-7: РН 1.1 – 20 балів*

*2. Контрольна робота 2 за темами 8-12: РН 2.1 –20 балів*

*3. Контрольна робота 3 за темами 13: РН 2.1 –20 балів*

**- підсумкове оцінювання у формі іспиту.**

Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом за складання іспиту дорівнює 40. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів. Студент допускається до іспиту за умови виконання всіх передбачених планом контрольних робіт.

**7.2 Організація оцінювання:**

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 3 змістових модулів. Система оцінювання знань включає поточний, модульний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання домашніх робіт, письмових самостійних завдань, тестів та контрольних робіт, виконаних студентами під час практичних занять. Модульний контроль: 3 модульні контрольні роботи. Студент може отримати максимально за модульні контрольну роботу 60 балів (по 20 балів за кожну). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту (40 балів).

**7.3 Шкала відповідності оцінок**

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

**8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і практичних.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  теми | **Номер і назва теми** | Кількість годин | |
| Лекції | Самост. Робота |
| ***Змістовний модуль 1. Принципи побудови фізичних теорій*** | | | |
| 1 | Принцип локальної калібрувальної інваріантності на прикладі групи U(1) | 2 | 5 |
| 2. | Принцип локальної калібрувальної інваріантності для лагранжіанів, що мають інваріантність відносно перетворень полів матерії за фундаментальним та приєднаним представленням групи SU(n) | 4 | 5 |
| 3 | Принцип локальної калібрувальної інваріантності відносно перетворень, що описуються непростою компактною групою Лі |  | 6 |
| 4. | Рівняння руху та динамічні інваріанти неабелевих теорій | 3 | 6 |
| 5. | Принцип спонтанного порушення симетрії для випадків дискретної симетрії, симетрії груп U(1), SO(3), SU(2) | 5 | 6 |
| 6 | Теорема Голдстоуна | 2 | 5 |
| 7. | Механізм Хігса генерації мас калібрувальних бозонів | 3 | 6 |
|  | Модульна контрольна робота 1 |  |  |
| ***Змістовний модуль 2. Побудова лагранжіану стандартної моделі*** | | | |
| 8 | Загальні положення Стандартної моделі | 3 | 5 |
| 9 | Введення калібрувальних полів Стандартної моделі | 3 | 5 |
| 10 | Застосування принципу спонтанного порушення симетрії. Маси калібрувальних полів. Кут змішування Вайнберга. Маси полів матерії. Змішування у кварковому секторі. Матриця ККМ | 4 | 5 |
| 11 | Загальний вигляд лагранжіану Стандартної моделі. Властивості та симетрії. Ефективна теорія Фермі. | 3 | 5 |
| 12 | Проблеми Стандартної моделі. Можливі варіанти розширення Стандартної моделі | 4 | 6 |
|  | Модульна контрольна робота 2 |  |  |
| ***Змістовний модуль 3. Розрахунок процесів Стандартної моделі*** | | | |
| 13 | Розрахунок основних процесів Стандарт-ної моделі в нижчих порядках теорії збурень:  електрон-електронне розсіяння, електрон-фотонне розсіяння, народження частинок при електрон-позитронних зіткненнях, час життя та канали розпаду Z- W- бозонів | 4 | 15 |
|  | Модульна контрольна робота 3 |  |  |
|  | **Всього** | **40** | **80** |

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

Лекцій **– 40** *год.*

Самостійна робота **- 80***год.*

**9. Рекомендовані джерела:**

1. Боголюбов Н.Н., Ширков Д.В., Введение в теорию квантованных полей - М.: Наука, 1976. - 480 с.
2. Горбунов Д.С., Рубаков В.А., Введение в теорию ранней вселенной. Теория горячего Большого взрыва- М.: Издательство ИЯИ РАН, 2007. - 458 с.
3. Горбунов Д.С., Рубаков В.А., Введение в теорию ранней вселенной. Комологические возмущения. Инфяционная теория- М.: Издательство ИЯИ РАН, 2009. - 473 с.
4. Горкавенко В.М., Діаграмна техніка Фейнмана. Ймовірність розпаду та переріз розсіяння частинок, К.: ВПЦ "Київський університет", 2014. - 261 с.
5. Горкавенко В.М., Принципи побудови лагранжіана Стандартної моделі фізики елементарних частинок К: «АгенствоУкраїна», 2017, 136с.
6. Желобенко Д.П., Компактные группы Ли и их представления - МЦНМО, 2007. - 552 с.
7. Нгуен Ван Хьеу, Лекции по теории унитарной симметрии элементарных частиц - М.: Атомиздат, 1967. - 344 с.
8. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика в 10 т., Т.II Теория поля - М.: Физматлит, 1988. - 512 с.
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М., Теоретическая физика в 10 т., Т. IV Берестецкий В.Б., Лифшиц Е.М., Питаевский Л.П. Квантовая електродинамика - М.: Физматлит, 1989. - 728 с.
10. Рубаков В.А., Класические калибровочные поля - М.: URSS, 1999. - 336 с.
11. Ченг Т.П., Ли Л.Ф., Калибровочные теории в физике элементарных частиц - М.: Мир, 1987. - 624 с.
12. Jorge C. Romo, Joo P. Silva, A resource for signs and Feynman diagrams of the Standard Model, IJMPA Vol. 27, No. 26 (2012) 1230025, arXiv:1209.6213 [hep-ph].
13. Schwartz M.D., Quantum Field Theory and the Standard Model (Сambridge University Press 2013) p. 952.