

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

“КВАНТОВА ЕЛЕКТРОДИНАМІКА СИЛЬНИХ СВІТЛОВИХ ПОЛІВ”

Галузь знань	10 Природничі науки
Шифр та назва спеціальності	104 Фізика та астрономія
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Статус дисципліни (обов’язкова, вибіркова)	вибіркова

Викладач (розробник)



Холодов Роман Іванович,
д.ф.-м.н., с.н.с., чл.-кор. НАН України
kholodovroman@yahoo.com
ІПФ НАН України,
вул. Петропавлівська, 58, м. Суми
Тел. +38 054 222 4608

Загальна інформація про дисципліну

Анотація

Курс покликаний дати можливість здобувачам вищої освіти рівня доктора філософії ознайомитися із математичним апаратом та діаграмною технікою квантової електродинаміки. Квантова електродинаміка є найточніше експериментально перевіреною фізичною теорією та такою, що описує 99% спостережуваних нами явищ.

Мета

Метою дисципліни є формування у здобувачів розуміння методів квантової електродинаміки, за необхідності, навичок використовувати апарат квантової електродинаміки для вивчення фізичних явищ.

Результати навчання

Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі:

Компетентності:

Здатність виявляти, ставити та вирішувати фізичні задачі, що відносяться до області застосування квантової електродинаміки.

Результати навчання:

Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з квантової електродинаміки, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень.

Обсяг дисципліни

Кількість кредитів – 4
Загальна кількість годин — 120 год.:

- Лекції — 32 год;
- Практичні — 14 год;
- Семінарські — 4 год;

Форма підсумкового контролю

Залік

Опис навчальної дисципліни

Лекційні заняття

№ з/п	Назви тем	К-сть годин
1.	Лекція 1. Квантування електромагнітного поля. Оператори народження та знищення фотонів. Комутаційні співвідношення. Запис операторів енергії, імпульсу та польових операторів через оператори народження та знищення. Корпускулярність поля. Запис векторів вільних станів через оператори народження та знищення.	4
2.	Лекція 2. Квантування електрон-позитронного поля. Рівняння Дірака та його розв'язок. Інтерпретація негативно-частотних розв'язків. Оператори народження та знищення електронів та позитронів. Антиккомутатори електрон-позитронного поля. Вираження операторів енергії, імпульсу через оператори народження та знищення.	4
3.	Лекція 3. Електромагнітна взаємодія. Класичний вираз для лагранжіана (або гамільтоніана) взаємодії. Запис оператора взаємодії через польові оператори та через оператори народження та знищення.	4
4.	Лекція 4. Матриця розсіювання. Постановка задачі по обчисленню імовірностей електромагнітних процесів. Початкові умови. Представлення взаємодії. Оператор еволюції.	4
5.	Лекція 5. Теорія збурень. Діаграми Фейнмана. Адіабатична гіпотеза. Хронологічні і нормальні добутки операторів. Теорема Віка.	4
6.	Лекція 6. Розсіювання фотона електронем. Матричний елемент розсіювання. Розсіювання вільним електронем (ефект Комптона). Дипольне випромінювання та поглинання	4
7.	Лекція 7. Гальмівне випромінювання. Ефективний переріз гальмівного випромінювання. Кутовий розподіл випромінювання в кулонівському полі.	4
8.	Лекція 8. Анігіляція електрон-позитронних пар. Утворення та анігіляція електрон-позитронних пар. Перетворення пари в два фотони.	4
Разом (год.)		32

Теми практичних занять

1.	Поляризаційна матриця густини фотонного стану	2
2.	Поляризаційна матриця густини фотонного стану	2
3.	Рівняння Дірака. Алгебра матриць Дірака.	4
4.	Плоскі хвилі. Поляризаційна матриця густини електронного стану	2
5.	Електрон в полі плоскої електромагнітної хвилі.	2
6.	Розсіювання електрона електронем.	2
Разом (год.)		14

Теми семінарських занять

1.	Теорія розсіювання. Діаграмна техніка.	2
2.	Фотонний та електронний пропатори.	2
Разом (год.)		4

Самостійна робота

Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять

1.	Квантування вільного електромагнітного поля.	4
2.	Система двох фотонів.	4

3.	С,Р,Т перетворення.	4
4.	Білінійні форми.	4
5.	Нейтрино.	4
6.	Розклад за степенями 1/с. Рівняння Паулі.	4
7.	Рух в кулонівському полі.	8
8.	Рух спіна в зовнішньому полі.	4
9.	Фотоефект.	4
10.	Магнітогальмівне випромінювання.	6
11.	Фізичні області в теорії розсіювання.	4
12.	Віртуальні частинки.	4
13.	Позитроній.	6
14.	Метод віртуальний фотонів.	4
15.	Утворення пар при зіткненні частинок.	6
Разом (год.)		70

ОЦІНЮВАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ

Сумативне оцінювання

1.1. Для оцінювання очікуваних результатів навчання передбачено

№	Методи сумативного оцінювання	Бали / Вага у загальній оцінці	Дата складання
1	Практичні заняття	48 балів / 48 %	Згідно графіка навчального процесу
2.	Семінарські заняття	12 балів / 12 %	
2	Атестація (тест множинного вибору)	20 балів / 20%	
3	Виконання індивідуальних завдань	20 балів / 20%	

1.2. Критерії оцінювання

№ з/п	Вид діяльності	Оцінювання
1	Практичні заняття (6 занять)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 3 бали; - добрі відповіді 2 балів; -задовільні, достатні відповіді 1 бал.
2	Семінарські заняття (2 заняття)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 3 бали; - добрі відповіді 2 балів; -задовільні, достатні відповіді 1 бал.
3	Атестація (тест множинного вибору) (4 тести)	Залежить від кількості вірних відповідей на тест: - 90% правильних відповідей 5 балів; - 80% правильних відповідей 4 бали; -70% правильних відповідей 3 бали; -60% правильних відповідей 2 бали; -50% правильних відповідей 1 бал; <50% правильних відповідей 0 балів;
4	Індивідуальні завдання (4 завдання)	- Завдання виконано, аспірант добре орієнтується в матеріалі 5 балів. - Завдання виконані з незначними помилками, аспірант не достатньо орієнтується в теоретичному матеріалі 3-4 бали. - Завдання виконане не в повній мірі, аспірант не достатньо орієнтується в матеріалі 1-2 балів.

Методичне забезпечення

1. Тексти та конспекти лекцій
2. Методичні розробки для аспірантів з практичних занять
3. Доступ та опрацювання он-лайн ресурсів

Рекомендована література

Базова

1. Вакарчук І.О. Квантова механіка: Підручник.- Львів, Видавництво Львівського університету, 1998.
2. Ребенко О.Л. Основи сучасної теорії взаємодіючих квантованих полів. – К.: Наукова думка, 2007. – 539 с
3. Пескін М.Е., Шродер Д.В. Вступний курс квантової теорії поля. Том I. Фейнманові діаграми і квантова електродинаміка. – Видавництво ТАХІОН, 2012. – 326 с.
4. James D. Bjorken, Sidney David Drell. Relativistic Quantum Mechanics McGraw-Hill, 1964 - 300 p.
5. Давидова О.С. Квантова механіка – К., 2012. — 706 с

Допоміжна

1. С.П. Роцупкін, О.І. Ворошило. Резонансні і когерентні ефекти квантової електродинамики в сильному полі. – Київ, Наукова думка, 2008. – 398 с.
2. С.П. Роцупкін, А.А. Лебедь. Ефекти квантової електродинаміки в сильних імпульсних лазерних полях. Київ, Наукова думка, 2013. – 191 с.
3. Kholodov R.I., Novak O.P., Diachenko M.M. Resonant and polarization effects in the processes of quantum electrodynamics in a strong magnetic field. — Kyiv: Akadempriodyka, 2022. — 295 p.

Інформаційні ресурси

1. James D. Bjorken, Sidney David Drell. Relativistic Quantum Mechanics McGraw-Hill, 1964: <https://emineter.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/10/james-d-bjorken-sidney-d-drell-relativistic-quantum-mechanics-1964.pdf>
2. [Maxima by Example, Ch. 12: Dirac Algebra and Quantum Electrodynamics, Version 3:](https://home.csulb.edu/~woollett/mbe12.html) <https://home.csulb.edu/~woollett/mbe12.html>

Академічна доброчесність

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватись Етичного кодексу ученого України. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право і сум права; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

У випадку порушення академічної доброчесності – реагування відповідно до «Положення про академічну доброчесність в ІПФ НАН України».