

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра теоретичної фізики



«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Проректор з наукової роботи  
Студеняк І.П./  
« 28 » вересня \_\_\_\_\_ 2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**ОСНОВИ РЕЛЯТИВІСТСЬКОЇ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ПОЛЯ  
ТА ФІЗИКИ ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ**

Рівень вищої освіти	третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	10 природничі науки
Спеціальність	104 фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика та астрономія
Статус дисципліни	вибіркова
Мова навчання	українська

Ужгород 2020

Робоча програма навчальної дисципліни «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**» для здобувачів третього рівня вищої освіти галузі знань **10 природничі науки спеціальності 104 фізика та астрономія** освітньої програми **Фізика та астрономія**.


**Розробники:** Лазур В.Ю., професор, доктор фіз.-мат. наук, декан фізичного факультету

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри теоретичної фізики протокол № 2 від 15 вересня 2020 р.

Завідувач кафедри  Карбованець М.І.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 1 від 23 вересня 2020 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

© Лазур В.Ю., 2020 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2020 р.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС – 7	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 210	<b>1</b>	<b>1</b>
Кількість модулів – 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
	Лекції:	
	<b>40</b>	<b>16</b>
	Практичні (семінарські):	
	<b>44</b>	<b>8</b>
Вид підсумкового контролю: залік, екзамен	Лабораторні:	
Форма підсумкового контролю: усна	Самостійна робота:	
	<b>126</b>	<b>186</b>

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**» є формування у здобувачів цілісної, логічно несуперечливої картини фізичних явищ, що мають місце в мікросвіті і пов'язані зі взаємодіями елементарних частинок.

Завданням навчальної дисципліни «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**» є поглиблення у здобувачів знання математичного апарату та основних фізичних концепцій сучасної квантової теорії поля для здійснення майбутньої науково-дослідницької діяльності.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

**інтегральна компетентність:** здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики.

**загальні компетентності:** здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК-1); навички використання новітніх інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-2); здатність проведення самостійних досліджень на сучасному рівні (ЗК-3); здатність до пошуку, обробки на аналізі інформації з різних джерел (ЗК-4); здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК-5); здатність комунікації на фахову тематику з нефахівцями (ЗК-10).

**фахові компетентності:** здатність застосовувати фізичні знання для систематизації різноманітних пов'язаних фактів і явищ (ФК-1); здатність визначати завдання фізичного дослідження (ФК-2); здатність створювати та порівнювати між собою фізичні та математичні моделі фізичних об'єктів, процесів та явищ (ФК-4); здатність оцінювати моделі з точки зору їх відповідності фізичним об'єктам процесам та явищам, для пояснення яких застосовуються дані моделі (ФК-5); вміння здійснювати комп'ютерне моделювання фізичних процесів, у тому числі із застосуванням існуючого програмного забезпечення (ФК-6).

## 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**» є вибірковою і належить до варіативної частини ОНП за напрямком підготовки.

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми: «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Методи математичної фізики», «Теоретична механіка», «Електродинаміка», «Квантова механіка», «Термодинаміка і статистична фізика».

#### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «Фізика та астрономія», вивчення навчальної дисципліни «Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

<b>Програмні результати навчання</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати сучасні передові концептуальні та методологічні знання в галузі фізики і астрономії та суміжних галузей знань.	ПРН 1.1.
Знати фундаментальні праці провідних зарубіжних вчених та наукових шкіл у галузі дослідження.	ПРН 1.2.
Уміти формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу, усвідомлювати його актуальність і значення для розвитку інших галузей науки, суспільно-політичного, економічного життя.	ПРН 2.1.
Уміти формулювати загальну методологічну базу власного наукового дослідження.	ПРН 2.2.
Уміти проводити комплексні дослідження в галузі науково-дослідницької та інноваційної діяльності, які приводять до отримання нових знань.	ПРН 2.3.
Уміти формулювати наукову проблему з огляду на стан її наукової розробки та сучасні наукові тенденції.	ПРН 2.5.
Уміти формулювати робочі гіпотези та моделі досліджуваної проблеми.	ПРН 2.6.
Уміти аналізувати наукові праці в галузі сучасної фізики, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання.	ПРН 2.7.
Уміти здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми.	ПРН 2.8.
Уміти визначати інформаційну цінність джерел шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	ПРН 2.9.
Уміти визначати принципи та методи дослідження, використовуючи міждисциплінарні підходи.	ПРН 2.10.
Уміти кваліфіковано відображати результати наукових досліджень у наукових статтях у фахових виданнях, вести конструктивний діалог з рецензентами та редакторами.	ПРН 3.2.
Уміти професійно презентувати результати своїх досліджень на міжнародних наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій, інноваційній та педагогічній діяльності.	ПРН 3.3.
Уміти використовувати сучасні інформаційні та комунікативні технології при спілкуванні, обміні інформацією, зборі, аналізі, обробці, інтерпретації джерел.	ПРН 3.5.
Самовдосконалюватися, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття експертних рішень.	ПРН 4.3.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**»:

<b>Очікувані результати навчання з дисципліни</b>	<b>Шифр ПРН</b>
Знати основні положення релятивістської квантової теорії поля та фізики елементарних частинок.	ПРН 1.1.
Знати види полів, їх симетрії та методів квантування.	ПРН 1.1.
Знати інваріантну теорію збурень взаємодіючих полів (правила побудови діаграм Файнмана).	ПРН 2.3.
Знати процедуру квантування абелевих та неабелевих (типу Янга-Міллса) калібрувальних полів.	ПРН 2.3.
Знати формалізм ренормалізаційної групи.	ПРН 2.3.
Знати теорію перенормувань.	ПРН 2.3.
Уміти використовувати отримані знання на практиці при розв'язанні завдань теоретичного та прикладного характеру.	ПРН 2.1.
Уміти здійснювати аналіз інформаційних джерел в області квантової теорії поля та фізики високих енергій.	ПРН 2.1.
Уміти формулювати методологічну базу наукового дослідження з теорії квантованих полів.	ПРН 2.2.
Уміти застосовувати фізичні та математичні принципи квантової теорії поля до аналізу властивостей різних типів полів та елементарних частинок.	ПРН 2.3.
Уміти будувати теоретичні моделі та проводити їх дослідження методами квантової теорії поля.	ПРН 2.6.
Уміти давати якісну фізичну інтерпретацію сучасних експериментальних досліджень з фізики високих енергій.	ПРН 2.7.
Уміти здійснювати моніторинг джерел наукової інформації з фізики високих енергій та елементарних частинок.	ПРН 2.8.
Уміти давати об'єктивну оцінку інформаційним джерелам шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами наукової інформації.	ПРН 2.9.
Уміти застосовувати принципи та методи досліджень, що використовуються в суміжних галузях, для власного наукового пошуку.	ПРН 2.10.
Уміти кваліфіковано відображати результати своїх наукових досліджень у наукових статтях у фахових виданнях, підручниках та науково-методичній літературі, вести конструктивний діалог з рецензентами та редакторами.	ПРН 3.2.
Уміти професійно презентувати результати власних досліджень на міжнародних наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій, інноваційній та педагогічній діяльності.	ПРН 3.3.
Володіти сучасними концептуальними знаннями з релятивістської квантової теорії поля.	ПРН 1.1.
Володіти передовими методологічними знаннями в галузі фізики високих енергій та елементарних частинок.	ПРН 2.1.
Володіти сучасними математичними методами та принципами квантової теорії поля для здобуття нових знань з фізики елементарних частинок.	ПРН 2.3.
Володіти здатністю формулювати наукову проблему з огляду на її актуальність та стан її сучасної наукової розробки.	ПРН 2.5.
Володіти сучасними інформаційними та комунікативними технологіями для обміну інформацією, аналізу, обробки та інтерпретації інформаційних джерел.	ПРН 3.5.
Володіти здатністю самовдосконалюватися, підвищувати свій фаховий рівень, нести відповідальність за новизну наукових досліджень та прийняття професійних рішень.	ПРН 4.3.

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- поточний контроль успішності,
- модульний контроль,
- підсумковий контроль.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- вибіркове усне опитування перед початком занять;
- фронтальне стандартизоване усне та/або письмове опитування за основними питаннями теми заняття;
- експрес-опитування;
- тестування;
- реферативні повідомлення та їх обговорення;
- перевірка якості виконання завдань для самостійної роботи, зокрема за конспектами матеріалів;
- оцінювання якості та повноти виконання завдань модульної контрольної роботи.

Форма модульного контролю: виконання модульної контрольної роботи, результати якої оцінюються за 100-бальною шкалою за кожний модуль.

Форма підсумкового семестрового контролю: залік та екзамен. До заліку та екзамену допускаються аспіранти, які відпрацювали пропущені заняття і виконали модульні контрольні роботи.

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T1	T2	T3	T4	100	200
25	25	25	25		

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Модульна контрольна робота	Сума
T5	T6	T7	T8	100	200
25	25	25	25		

## Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

Вид діяльності здобувача вищої освіти	Модуль 1		Модуль 2	
	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)	Кількість	Максимальна кількість балів (сумарна)
Практичні (семінарські) заняття	4	100	4	100
Модульна контрольна робота	1	100	1	100
<b>Разом</b>	<b>5</b>	<b>200</b>	<b>5</b>	<b>200</b>

### Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

При оцінюванні знань враховується в першу чергу повнота, правильність і вичерпність відповідей на поставлені в модульних контрольних роботах запитання. Оцінка виставляється за 100-бальною шкалою та національною 5-бальною шкалою. Відомість результатів оформлюється за системою ECTS.

Оцінка «відмінно» виставляється, якщо під час проведення контролю було виявлено:

1. Наявність у здобувача всебічних, повних, глибоких інтегрованих знань програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання запропонованого варіанту.
2. Вміння здобувача в письмовій та усній формі чітко, вичерпно і правильно викласти відповіді на питання запропонованого варіанту.
3. Глибоке розуміння здобувачем взаємозв'язку головних понять і положень предмета, розуміння значення цих положень і понять для майбутньої професії.
4. Високий рівень підготовленості здобувача з питань спецкурсу до подальшої роботи над вдосконаленням рівня своєї професійної кваліфікації.

У відповідях здобувачів не має бути значних помилок. Відмінно виконана робота демонструє наявність у студента творчих здібностей.

Оцінка «добре» виставляється, коли здобувач письмово відповів на всі запитання, засвоїв всю навчальну програму спецкурсу. У відповідях, які оцінені на «добре», можлива не більш як одна незначна помилка або виявлено декілька неточностей. Здобувач спроможний з допомогою літератури ліквідувати всі недоліки у відповідях.

Оцінка «задовільно» виставляється, коли здобувач дав відповіді на питання всіх завдань, але при цьому можуть проявитися певні прогалини у засвоєнні програми з спецкурсу. У відповідях, які оцінені на «задовільно», можуть зустрітися не більше як одна груба помилка або декілька значних та істотних неточностей.

Оцінка «незадовільно» виставляється за роботу, яка засвідчує про наявність у здобувача великих та суттєвих прогалин у знаннях основного матеріалу з спецкурсу, а у наявних його письмових відповідях є як принципові, так і грубі фізичні помилки. Здобувачі, які не представили письмові відповіді на модульних контрольних роботах, вважаються такими, що одержали оцінку «незадовільно».

## Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

Підсумковий семестровий контроль з дисципліни «**Основи релятивістської квантової теорії поля та фізики високих енергій**» здійснюється у формі заліку та екзамену.

Залік проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати заліку оцінюються за двобальною шкалою: „зараховано, „не зараховано”.

Підсумкова оцінка " зараховано"/"не зараховано" визначається наступними критеріями:

- " зараховано" - якщо здобувач достатньо чітко і грамотно відповідає на питання в межах матеріалу викладеного у рамках лекційних занять, може показати та обґрунтувати взаємозв'язок різних частин матеріалу, пройденого у межах матеріалу навчальної дисципліни; демонструє здатність до мислення, при відповіді на питання розмірковує, спираючись на отримані у рамках курсу знання, не допускає істотних неточностей у відповіді, правильно вибудовує логіку вирішення типових завдань;

- "не зараховано" - якщо здобувач викладає основні питання недостатньо чітко або допускає істотні помилки при їх викладі, не може пояснити зв'язків у рамках викладеного матеріалу, здобувач не знає значної частини програмного матеріалу, не може дати точних визначень понять, пройдених у рамках курсу, дає розпливчаті формулювання і не володіє в належній мірі термінологією, плутається при відповіді на додаткові питання, не володіє прийомами вирішення типових завдань.

За бажанням здобувача результуюча підсумкова залікова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Екзамен проводиться в усній формі шляхом співбесіди. Результати екзамену оцінюються за чотирибальною шкалою: „відмінно”, „добре”, „задовільно”, „незадовільно”.

Оцінка „відмінно” виставляється в тому разі, коли здобувач бездоганно оволодів всіма розділами програми, дав глибокі, чіткі і вичерпні відповіді на всі основні і додаткові запитання, виявив розуміння фізичної суті програмового матеріалу, вільне володіння фактичним матеріалом та відповідним математичним апаратом, вміння грамотно обробляти результати експериментальних вимірювань з метою отримання заданої точності отриманих даних, кваліфіковано використовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „добре” виставляється тоді, коли здобувач виявив повне знання і розуміння програмового матеріалу, добре оволодів математичним апаратом курсу, може використовувати набуті знання в практичній діяльності, дав вичерпні відповіді на всі запитання, але під час відповіді допускав окремі нечіткі формулювання і незначні неточності.

Оцінка „задовільно” виставляється в тому разі, коли здобувач в основному знає і розуміє фактичний матеріал курсу, дав в основному правильні відповіді на запитання, виявив уміння розібратися в усьому матеріалі курсу, вміння використовувати відповідний математичний апарат, але не може ґрунтовно пояснити окремі положення пройденого курсу, допускає неточності при використанні математичного апарату, недостатньо вміє застосовувати набуті знання для розв'язання конкретних практичних задач.

Оцінка „незадовільно” виставляється тоді, коли здобувач не оволодів матеріалом даного курсу, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, коли він під час відповіді на запитання виявив нерозуміння фізичної сутності основних понять та термінів навчальної дисципліни, допускає плутанину, слабо володіє математичним апаратом, не може застосовувати набуті знання для розв'язування конкретних практичних задач, тобто виявив відсутність мінімально необхідної кількості знань з даного курсу.

За бажанням здобувача результуюча підсумкова екзаменаційна оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем дисципліни і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

Переведення результатів, отриманих за 100-бальною шкалою оцінювання в національну 4-х бальну та шкалу за системою ECTS здійснюється за наступною схемою:

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		Екзамен та диференційований залік	Залік
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	Зараховано
82-89	<b>B</b>	добре	
74-81	<b>C</b>		
64-73	<b>D</b>	задовільно	
60-63	<b>E</b>		
35-59	<b>FX</b>	незадовільно з можливістю повторного складання	Не зараховано
0-34	<b>F</b>	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	

Здобувач, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «не зараховано» або «незадовільно» (1-34 балів, F), зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти залік.

Результати підсумкового контролю знань заносяться до залікової та екзаменаційної відомостей..

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1

Тема 1. Лагранжевий формалізм вільних класичних полів.

1. Варіаційний принцип. Теорема Ньотер і динамічні інваріанти. Вектор енергії-імпульсу. Тензор моменту кількості руху. Тензор спіну.
2. Лагранжевий формалізм дійсного скалярного поля. Рівняння Клейна-Гордона.

Тема 2. Калібрувальні перетворення.

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

Тема 3. Канонічне квантування.

1. Квантування дійсного та комплексного скалярних полів. Поле пі-мезонів.
2. Особливості квантування електромагнітного поля. Умова Лоренца.
3. Квантування поля Дірака. Квантоване спінорне поле з масою нуль (нейтринне поле). Дискретні симетрії в теорії Дірака. СРТ-теорема.

Тема 4. Квантування методом функціональних інтегралів. Вільні поля.

1. Формулювання квантової механіки на мові функціональних (континуальних) інтегралів. Твірний функціонал для скалярних полів. Квантування скалярного поля за допомогою функціонального інтегралу.
2. Функції Гріна вільних частинок. Співвідношення між  $n$ -частинковими функціями Гріна і вакуумними середніми хронологічних добутків  $n$  полів. Теорема Віка.

#### Модуль 2

Тема 5. Взаємодіючі поля. Квантування методом функціональних інтегралів.

1. Твірні функціонали для взаємодіючих полів. Застосування до теорії  $\phi^4$ : твірний функціонал, 2- і 4-точкові функції Гріна у першому порядку теорії збурень. Правила і діаграми Файнмана.
2. Узагальнення функціональних методів на фермі-поля. Грассманова алгебра. Твірний функціонал для поля Дірака.
3. Перерізи розсіяння і  $S$ -матриця. Редукційна формула в функціональній формі. Застосування до піон-нуклонного розсіяння.

Тема 6. Спонтанне порушення симетрії і модель Вайнберга-Салама.

1. Спонтанне порушення глобальної  $U(1)$ -симетрії. Голдстоунів бозон. Спонтанне порушення глобальної  $O(3)$  - симетрії. Теорема Голдстоуна.
2. Спонтанне порушення симетрії в калібрувальних теоріях. Механізм Хіггса. Бозон Хіггса.
3. Єдина модель слабкої і електромагнітної взаємодії Вайнберга-Салама. Експериментальні наслідки цієї моделі. (2 год.).

Тема 7. Перенормування.

1. Розбіжності в теорії  $\phi^4$ . Розмірна регуляризація теорії  $\phi^4$ . Контрчлени і перенормування.
2. Ренормалізаційна група. Еволюція констант зв'язку. Асимптотична свобода теорії Янга-Міллса. (2 год.).

Тема 8. Сучасний розвиток квантової теорії поля.

1. Стандартна модель фундаментальних взаємодій.
2. Теорії Великого об'єднання. Суперсиметричні моделі теорії поля.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
<b>1-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Лагранжевий формалізм вільних класичних полів.	26	4	6			16
Тема 2. Калібрувальні перетворення.	26	6	4			16
Тема 3. Канонічне квантування.	26	4	6			16
Тема 4. Квантування методом функціональних інтегралів. Вільні поля.	27	6	6			15
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	20	22			63
<b>Разом за семестр</b>	105	20	22			63
<b>2-й семестр</b>						
<b>Модуль 2</b>						
Тема 5. Взаємодіючі поля. Квантування методом функціональних інтегралів.	26	4	6			16
Тема 6. Спонтанне порушення симетрії і модель Вайнберга-Салама.	26	6	4			16
Тема 7. Перенормування.	26	4	6			16
Тема 8. Сучасний розвиток квантової теорії поля.	27	6	6			15
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	20	22			63
<b>Разом за семестр</b>	105	20	22			63
<b>Разом за 1 рік</b>	210	40	44			126

### Заочна форма навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	Усього	у тому числі				
		лекції	практичні (семінарські)	лабораторні	індивідуальна робота	самостійна робота
<b>1-й семестр</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Лагранжевий формалізм вільних класичних полів.	26	2	1			23
Тема 2. Калібрувальні перетворення.	26	2	1			23
Тема 3. Канонічне квантування.	26	2	1			23
Тема 4. Квантування методом функціональних інтегралів. Вільні поля.	27	2	1			24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	8	4			93
<b>Разом за семестр</b>	105	8	4			93
<b>2-й семестр</b>						
<b>Модуль 2</b>						
Тема 5. Взаємодіючі поля. Квантування методом функціональних інтегралів.	26	2	1			23
Тема 6. Спонтанне порушення симетрії і модель Вайнберга-Салама.	26	2	1			23
Тема 7. Перенормування.	26	2	1			23
Тема 8. Сучасний розвиток квантової теорії поля.	27	2	1			24
Модульна контрольна робота	2					
Разом за модуль	105	8	4			93
<b>Разом за семестр</b>	105	8	4			93
<b>Разом за 1 рік</b>	210	16	8			186

### 6.3. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Динамічні інваріанти скалярного поля.	6	1
2	Лагранжіан полів Янга-Міллса. Калібрувальна інваріантність в неабелевому випадку.	4	1
3	Дослідження властивостей перетворень різних величин під впливом перетворень $P, C, T$ .	6	1
4	Вивід правил Файнмана для скалярної теорії з використанням функціонального інтегралу.	6	1
5	Формулювання правил Файнмана в калібрувальних теоріях за допомогою метода функціонального інтегралу.	6	1
6	Обчислення мас калібрувальних полів, полів матерії та полів Хіггса.	4	1
7	Обчислення однопетльових діаграм в теорії $\phi^4$ .	6	1
8	Структура лагранжіану Стандартної моделі. Групи моделей Великого об'єднання.	6	1
<b>Разом</b>		<b>44</b>	<b>8</b>

### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Група $SU(2)$ . Скінченні групи симетрії: $P$ і $C$ . Група $SU(3)$ : ізоспін і дивність. Кваркова структура мезонів та баріонів. Важкі кварки.	16	23
2	Дослідження розподілу заряду електронами, формфактори. Електрон- протонне розсіяння, формфактори протона. Кварки всередині протона. Глюони.	16	23
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	23
4	Основні електрослабкі взаємодії. Ефективна струм-струм взаємодія. Розсіяння нейтрино на електроні.	15	24
5	Вимірювання $\sin^2$ . Розпад мюона. Вимірювання константи зв'язку. Параметри стандартної моделі.	16	23
6	Продукти взаємодій, що відбуваються у колайдері. Прискорювачі, їх майбутнє. Експерименти при низьких енергіях. Сучасні дослідження і майбутній розвиток.	16	23
7	Конфайнмент кольору і кольорові синглетні адрони. Кваркові числа мезонів і баріонів. Кварки.	16	23
8	Об'єднання кварків і лептонів. Розпад протона. Асиметрія баріонів. Суперсиметрія. Народження і детектування суперсиметричних партнерів. Легкі суперсиметричні частинки і темна матерія.	15	24
<b>Разом</b>		<b>126</b>	<b>186</b>

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА**

Технічні засоби: Мультимедійний проєктор.

Обладнання: персональні комп'ютери, ноутбуки.

Програмне забезпечення Windows 10, Microsoft Power Point.

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

## **8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ**

### **Основна література**

1. Боголюбов Н. Н. Введение в теорию квантовых полей / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. Москва : Наука, 1984. – 600 с.
2. Бьеркен Дж. Д. Релятивистская квантовая теория / Дж. Д. Бьеркен, С. Д. Дрелл. – Москва : Высшая школа, 2003. – 297 с.
3. Вайнберг С. Квантовая теория поля. Том 1. Общая теория / С. Вайнберг. – Москва : Физматлит, 2003. – 648.
4. Вайнберг С. Квантовая теория поля. Том 2. Современные приложения / С. Вайнберг. – Москва : Физматлит, 2003. – 526.
5. Ициксон К. Квантовая теория поля / К. Ициксон, Ж. Б. Зюбер. – Москва : Мир, 1984. – Т.1. – 448 с.
6. Кейн Г. Современная физика элементарных частиц / Г. Кейн. Москва : Мир, 1990. – 360 с.
7. Райдер Л. Квантовая теория поля / Л. Райдер. – Москва : Мир, 1987. – 511 с.
8. Ченг П. Калибровочные теории в физике элементарных частиц / П. Ченг, Л. Ф. Ли. – Москва : Мир, 1987. – 624 с.

### **Допоміжна література**

1. Боголюбов Н. Н. Квантовые поля / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. – Москва : Наука, 1980. – 320 с.
2. Риман П. Теория поля / П. Риман. – Москва : Мир, 1984.
3. Садбери А. Квантовая механика и физика элементарных частиц / А. Садбери. – Москва : Мир, 1989. – 488 с.
4. Хелзен Ф. Кварки и лептоны / Ф. Хелзен, А. Мартин. – Москва : Мир, 1987. – 456 с.

**Результати перегляду  
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібно підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібно підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібно підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20\_\_\_ / 20\_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібно підкреслити)

протокол № \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (Прізвище ініціали)