

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



Директор Інституту теоретичної  
фізики ім. М.М. Боголюбова  
Національної академії наук України

*А. Г. Загородній*  
А. Г. Загородній

« 02 2020р. »

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### БК 17. Непертурбативна динаміка калібрувальних взаємодій для аспірантів

Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Освітній рівень	доктор філософії
Освітньо-наукова програма	Теоретична фізика
Вид дисципліни	вибіркова
Форма навчання	денна
Навчальний рік	2020/2021
Семестр	3
Кількість кредитів ECTS	4
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	екзамен

Викладач: Борисенко Олег Анатолійович

Пролонговано: на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2020

Розробник: Борисенко Олег Анатолійович, доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник

ЗАТВЕРДЖЕНО



Директором Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук

*(Signature)*  
(підпис)

(Загороднім А.Г.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол засідання Вченої ради № 1 від «5» 02 2020 р.

Схвалено Науково - методичною комісією Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова Національної академії наук України.

Протокол від «5» 02 2020 року № 1

Голова науково-методичної комісії  
Лев)

*(Signature)*  
(підпис)

(чл.-кор. НАН України Б.І.

(прізвище та ініціали)

«5» 02 2020 року

1. Навчальна дисципліна « Непертурбативна динаміка калібрувальних взаємодій » є складовою освітньо-професійної програми підготовки фахівців за освітньо-кваліфікаційним рівнем «**доктор філософії**» галузі знань «природничі науки», спеціальності фізика та астрономія (104) Дана дисципліна є нормативною за спеціальністю «фізика та астрономія».

Викладається у 1 семестрі в обсязі 120 год. (4 кредити ECTS), зокрема: лекції - 36 год., лабораторні роботи -      год., самостійна робота - 79 год. У курсі передбачено 2 змістових модулів і 2 модульні контрольні роботи. Завершується дисципліна **екзаменом**.

**Мета дисципліни: надати базові знання про непертурбативний підхід до вивчення калібрувальних теорій, що лежать в основі Стандартної моделі елементарних частинок.**

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

1. Знати основні принципи калібрувальних теорій, теорію критичних явищ та фазових переходів, пертурбативну квантову теорію поля.
2. Знати основи теорії груп Лі та їх представлень.
3. Володіння методами ренормалізаційної групи.

**3. Анотація навчальної дисципліни:** Предметом вивчення навчальної дисципліни є ознайомлення з основами калібрувальних теорій на ґратці, їх непертурбативного квантування та застосування до вирішення головних проблем теорії сильних взаємодій. Центральну увагу в курсі буде приділено основам квантової хромодинаміки на ґратці, механізму конфайнмента кварків та генерації масової щільності. Мета вивчення дисципліни – ознайомлення студентів з сучасним станом фізики сильних взаємодій. Методи викладання: лекції, практичні заняття, консультації, семінари. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, письмові розв'язки домашніх завдань, іспит.

## 4. Завдання (навчальні цілі):

1. Основним завданням є розширення обсягу знань про структуру теорії сильних взаємодій.
2. Опанувати фізичні поняття та математичний формалізм, що лежать в основі непертурбативного квантування калібрувальних моделей.
3. Ознайомити студентів з сучасним станом головних проблем квантової хромодинаміки, як, наприклад, проблема конфайнмента кварків.
4. Навчити студентів застосовувати сучасні методи дослідження непертурбативних формулювань калібрувальних теорій.

## 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)
Код	Результат навчання		
1.1	<i>Знати: принципи непертурбативного квантування калібрувальних теорій.</i>	<i>Лекції</i>	<i>Усні відповіді, домашня робота</i>
1.2	<i>Знати: фізичні поняття та математичний формалізм, що лежать в основі квантової хромодинаміки, основні фізичні процеси.</i>	<i>Лекції</i>	<i>Усні відповіді, домашня робота</i>
2.1	<i>Вміти: застосовувати методи КХД на ґратці, такі як розклад сильного зв'язку, пертурбативна теорія, ренормалізаційна група.</i>	<i>Практичні заняття</i>	<i>Письмові розв'язки домашніх завдань. Контрольна робота</i>
2.2	<i>Вміти: проводити розрахунок натягу струни, масової щільності та інших фізичних величин.</i>	<i>Практичні заняття</i>	<i>Письмові розв'язки домашніх завдань. Контрольна робота</i>

## 6. Схема формування оцінки.

### 6.1 Форми оцінювання студентів:

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1 - 4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) - теми 5 - 7. Обов'язковим для допуску до екзамену є отримання мінімальної кількості балів з кожного колоквиуму та з контрольної роботи (0,6·R, де R – відповідна шкала вимірювання).

Оцінювання за формами контролю:

	<b>ЗМ1</b>		<b>ЗМ2</b>	
	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
Підготовлена усна доповідь за темою лекції	-	-	-	-
Розв'язування задач біля дошки	0	5	0	5
Колоквиум 1	18	30	—	—
Колоквиум 2	—	—	18	30
Контрольна робота	—	—	—	—

Аспіранти, які набрали сумарно меншу кількість балів, ніж *критично-розрахунковий мінімум у 12 балів за кожну модульну контрольну роботу*, для одержання екзамену обов'язково необхідно перескласти відповідну модульну контрольну з належним рівнем знань.

При простому розрахунку отримаємо:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Екзамен	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	18	18	24	60
<b>Максимум</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

### 6.2 Організація оцінювання:

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою, яка складається із 2 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: 2 модульні контрольні роботи. Студент може отримати максимально за модульні контрольні роботи 60 балів (по 30 балів за кожну). Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту (40 балів). Екзаменаційний білет включає 3 теоретичні питання (15 + 15 + 10 балів).

### 6.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно</b> / Excellent	90–100
<b>Добре</b> / Good	75–89
<b>Задовільно</b> / Satisfactory	60–74
<b>Незадовільно</b> / Fail	0–59
<b>Зараховано</b> / Passed	60–100
<b>Не зараховано</b> / Fail	0–59

## 7. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних та практичних занять

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

Лекцій — **36 год.**

Консультації — **год.**

Екзамен — **1 год.**

Самостійної роботи (позааудиторної) — **79 год.**

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	семінари	С/Р	Інші форми контр.
<b>Змістовий модуль 1 Побудова квантової хромодинаміки</b>					
1	<b>Тема 1.</b> Калібрувальні та кваркові поля. Лагранжіан КХД та його основні властивості.	2			
1	<b>Тема 2.</b> Непертурбативне квантування калібрувальних теорій. Побудова квантової континуальної границі.	4			
3	<b>Тема 3.</b> Головні спостережувані — петля Вільсона, кореляційні функції, топологічні дефекти, кварковий конденсат та їх фізичний зміст.	4			
4	<b>Тема 4.</b> Математичні методи дослідження калібрувальних теорій на ґратці.	8			
<i>Колоквіум 1</i>					1
<b>Змістовий модуль 2 Конфайнмент кварків</b>					
5	<b>Тема 5.</b> Формулювання проблеми та критерії конфайнменту.	4			
6	<b>Тема 6.</b> Механізм конфайнменту. Генерація масової щільності. Порушення киральної симетрії.	8			
7	<b>Тема 7.</b> КХД при скінченних температурах та кварк-глюонна плазма.	6			
<i>Колоквіум 2</i>					1
<i>Контрольна робота</i>					2
<i>Екзамен</i>					1
<b>ВСЬОГО</b>		<b>36</b>			<b>5</b>

## 8. Рекомендовані джерела:

1. С. Itzykson, J. M. Drouffe, Statistical field theory, Vol.1,2, Cambridge University Press, 1989.
2. H. J. Rothe, Lattice Gauge Theories: An Introduction, World Scientific Publishing, 3rd ed., 2005.
3. I. Montvay, G. Munster, Quantum Fields on a Lattice, Cambridge Monographs on Mathematical Physics, 1994.
4. C. Gattringer, C.B. Lang, Quantum Chromodynamics on the Lattice, Lecture Notes in Physics, 2010.

### Додаткова:

1. A. Jaffe, E. Witten, Yang–Mills and Mass Gap, Millennium Problem in Physics, in: <https://www.claymath.org/millennium-problems/yang%E2%80%93mills-and-mass-gap>
2. E. Seiler, Gauge theories as a problem of constructive quantum field theory and statistical mechanics, Lecture Notes in Physics, Springer-Verlag, 1982.
3. J. Greensite, An Introduction to the Confinement Problem, Lecture Notes in Physics, Springer-Verlag, 2011.
4. Publicising Lattice field theory through Visualisation, ArXiv:1903.08308