

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра квантової теорії поля



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**"Розширення Стандартної моделі фізики елементарних частинок та космологія  
раннього Всесвіту"**  
(повна назва навчальної дисципліни)  
**для аспірантів**

галузь знань 10 Природничі науки  
спеціальність 104 Фізика та астрономія  
освітній рівень доктор філософії  
освітня програма Фізика та астрономія

вид дисципліни Вибіркова

Форма навчання денна  
Навчальний рік 2018/2019  
Семестр 4  
Кількість кредитів ECTS 4  
Мова викладання, навчання та оцінювання українська  
Форма заключного контролю іспит

Викладачі: завідувач кафедри квантової теорії поля Вільчинський Станіслав Йосипович  
(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

Пролонговано: на 2019/2020 н.р. \_\_\_\_\_ (Оліх О.Я.) «10» 05 2019 р. №21  
(підпис, ПІБ, дата)

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

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

**КИЇВ – 2018**

Розробники: Вільчинський Станіслав Йосипович, доктор фіз.-мат. наук, завідувач кафедри квантової теорії поля

*(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)*

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ КТП \_\_\_\_\_

  
\_\_\_\_\_

(підпис)

(Вільчинський С.Й.)

(прізвище та ініціали)

Протокол від « 06 » \_\_\_\_\_ 03 \_\_\_\_\_ 2018 року № 14

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «\_16\_» \_\_\_\_\_ 04 \_\_\_\_\_ 2018 року №\_12\_

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ (Зеленський С.Є.)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – це одна з вибіркових дисциплін підготовки докторів філософії за спеціальністю 104 Фізика та астрономія в області знань, яка вивчає розширення Стандартної моделі фізики елементарних частинок та космологію раннього Всесвіту, оволодіння сучасними методами загальної теорії відносності та квантової теорії поля.

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

знати основні поняття квантової теорії поля, загальної теорії відносності, космології та фізики елементарних частинок.

**3. Анотація навчальної дисципліни / референс:**

Курс «Розширення Стандартної моделі фізики елементарних частинок та космології раннього Всесвіту» охоплює сучасний досвід в космології та фізиці елементарних частинок. Курс формує професійні навички аспіранта, як самостійного науковця здатного проводити дослідження у фізичних системах, які описуються методами квантової теорії поля та загальної теорії відносності при ненульовій температурі. Методи викладання: лекції, практичні, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, екзамен. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

**4. Завдання (навчальні цілі)** – застосовувати сучасні методи дослідження для розв'язання практичних задач в фізиці елементарних частинок і космології раннього Всесвіту та набути навичок самостійного використання і вивчення наукових профільних статей.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (третій рівень вищої освіти (дев'ятий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП "Фізика та астрономія" дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*інтегральної:*

Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

*загальних:*

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 2).
- Здатність генерувати нові ідеї та застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 3).
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК 4).
- Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань / видів економічної діяльності) (ЗК 5).
- Здатність працювати в міжнародному контексті (ЗК 6).
- Здатність працювати автономно та в команді (ЗК 7).
- Здатність розробляти та управляти проектами (ЗК 8).
- Навички здійснення безпечної діяльності (ЗК 9).
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК 10).
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків (ЗК 11).
- Здатність діяти соціально відповідально та свідомо, нести повну відповідальність за самостійно виконану роботу (ЗК 12).

*фахових:*

- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК2).
- Вміння, застосовуючи методики квантової теорії поля, загальної теорії відносності, космології та астрофізики високих енергій (ФК4).
- Здатність застосовувати сучасні теоретичні та обчислювальні методи дослідження систем з високими густинами енергій та високотемпературної космічної плазми (ФК6).

- Вміння застосовувати методи ренорм-груп та статистичної квантової теорії поля для розв'язку теоретичних задач в галузі фізики високих енергій
- Здатність застосовувати методи квантової теорії поля в теорії конденсованого стану (ФК22).

**5. Результати навчання за дисципліною:** (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

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	Оволодіння питаннями про ранній Всесвіт	Лекції	Змістовний модуль	60

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни	1.1
ПРН 1.1. Знати основні поняття теорії елементарних частинок, Стандартної Моделі, Стандартної Космологічної Моделі та можливі варіанти їх розширення		+
ПРН 1.2. Знати методи квантової теорії поля		+
ПРН 1.4. Знати основні положення сучасної космології		+
ПРН 1.6. Знати принципи побудови Стандартної Моделі елементарних частинок та її недоліки		+
ПРН 1.7. Знати теоретичні методи знаходження розв'язки рівнянь Фрідмана		+
ПРН 1.8. Знати основи загальної теорії відносності		+
ПРН 1.11. Знати методи діаграмної техніки Фейнмана		+
ПРН 1.12. Знати програмні пакети для розрахунків у фізиці та астрофізиці високих енергій		+
ПРН 1.14. Знати методи отримання та відповідні особливості даних спостережень реліктового випромінювання		+
ПРН 2.1. Здійснювати основні типи оцінювання основних космологічних параметрів: спектральні індекси, скаляр-тензорне відношення		+
ПРН 2.7. Володіти методами кодування та стиснення даних, вміти визначати основні характеристики найпоширеніших технологій локальних мереж та критерії вибору маршруту доправлення пакетів		+

ПРН 2.8. Вміти обирати відповідні програмні пакети для розрахунків в фізиці високих енергій та космології раннього Всесвіту	+
ПРН 4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми	+
ПРН 4.3. Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами	+
ПРН 5.2. Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження	+

ПРН 1.1. Знати основи методології та організації наукових досліджень.	+
ПРН 1.2. Знати основи теорії твердого тіла та процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами та кристалами.	+
ПРН 1.3. Знати основи теорії та методики експериментальних досліджень елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	
ПРН 1.4. Знати особливості будови, фізичних властивостей та елементарних збуджень наноструктур, теоретичних моделей, що застосовуються для їх опису та методів експериментального дослідження.	+
ПРН 1.5. Знати основи теорії та методики експериментальних досліджень властивостей матеріалів..	
ПРН 1.6. Знати принципи побудови низькорозмірних систем, сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики низькорозмірних систем.	+
ПРН 1.7. Знати теоретичні методи опису процесів розсіювання рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами.	+
ПРН 1.8. Знати основи фізики напівпровідникових низькорозмірних систем, явища екранування носіїв заряду, приповерхневого квантування, основи ємнісної спектроскопії, процесів саморегулювання при одержанні та дослідження напівпровідникових низькорозмірних систем, включаючи квантові ями, дроти, точки, надгратки.	+
ПРН 1.9. Знати загальні методи представлення та передачі інформації та основні способи побудови локальних мереж та методи поєднання їх між собою.	
ПРН 1.10. Знати методи чисельних розрахунків і обробки результатів експериментів і спостережень.	
ПРН 1.11. Знати методи отримання, особливості структури та	+

властивості металевих систем.	
ПРН 1.12. Знати програмні пакети для розрахунку електронної та атомної структури матеріалів.	+
ПРН 1.13. Знати дифракційні методи для дослідження неупорядкованих структур.	
ПРН 1.14. Знати методи отримання та відповідні особливості структури та властивостей функціональних матеріалів.	+
ПРН 1.15. Знати експериментальні методи дослідження функціональних матеріалів.	
ПРН 1.16. Знати методи квантово-хімічних розрахунків.	
ПРН 1.17. Знати програмні пакети - GAUSSIAN, MATLAB, Mathematica, Origin.	
ПРН 2.1. Здійснювати основні типи спектроскопічних досліджень зразків у конденсованому стані, обробляти та аналізувати результати таких досліджень.	+
ПРН 2.2. Застосовувати наявні та створювати нові теоретичні моделі для опису процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами, кристалами та наночастинками.	
ПРН 2.3. Здійснювати розрахунки енергетичного спектру електронних та коливальних елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	
ПРН 2.4. Вміти формулювати фізичні принципи дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами; планувати та виконувати експеримент в галузі дослідження низькорозмірних систем;	
ПРН 2.5. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними та нанорозмірними системами.	
ПРН 2.6. Вміти застосовувати знання із функціонування та діагностики низько розмірних напівпровідникових систем, планувати та виконувати фізичний експеримент в галузі фізики низькорозмірних напівпровідникових систем.	
ПРН 2.7. Володіти методами кодування та стиснення даних, вміти визначати основні характеристики найпоширеніших технологій локальних мереж та критерії вибору маршруту доправлення пакетів.	+
ПРН 2.8. Вміти обирати відповідні програмні пакети для розрахунків	+

фізичних властивостей низькорозмірних систем.	
ПРН 2.9. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів.	
ПРН 2.10. Вміти встановлювати зв'язки між особливостями структури та властивостями металевих систем.	
ПРН 2.11. Вміти обирати відповідні програмні пакети для наукових розрахунків.	+
ПРН 2.12. Вміти застосовувати квантово-хімічні розрахунки для органічних молекулярних систем.	
ПРН 2.13. Вміти проводити дослідження будови, конформації, електронних, коливних, фізико- механічних, радіаційних, радіобіологічних, радіоекологічних властивостей функціональних матеріалів.	
ПРН 3.1. Володіти здатністю презентувати результати своїх досліджень на наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій діяльності;	
ПРН 3.2. Формулювати висновки фізичних досліджень у формі, що відповідає можливостям сприйняття не спеціалістів.	
ПРН.4.1. Аналізувати наукові праці, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання;	
ПРН 4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми;	+
ПРН 4.3. Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	+
ПРН 5.1. Знати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії;	
ПРН 5.2. Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.	+

## 7. Структура курсу

Курс складається з 1-го змістового модуля: «Космологія раннього Всесвіту та розширення Стандартної Моделі», який включає в себе 18 лекцій та 4 практичних заняття.

## 8. Схема формування оцінки:

**1.1.Форми оцінювання студентів:** *(зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю /*

оцінювання із зазначенням *Min.* – рубіжної та *Max.* кількості балів чи відсотків)

**- семестрове оцінювання:**

1. Модульна контрольна робота 1 (60 балів).

**Підсумкове оцінювання у формі іспиту: (обов'язкове проведення екзаменаційного оцінювання в письмовій формі)**

	ЗМ1/Частина 1 (за наявності)	іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	<b>36</b>	<b>24</b>	<b>60</b>
<b>Максимум</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>100</b>

Студент не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше 36 балів.

**1.2. Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

**Шкала відповідності**

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

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практичні	Самостійна робота
<i>Змістовний модуль 1. Функції Гріна та діаграмна техніка при ненульовій температурі</i>				
1	Тема 1. Основні параметри сучасної космологічної моделі. Темна матерія та темна енергія. Нова стадія інфляції. Далека майбутнє нашого Всесвіту.	2		10
2	Тема 2. Недоліки Стандартної космологічної моделі. Фізика "Великого Вибуху". Сучасні моделі інфляції. Рехітинг	2		10
3	Тема 3. Баріогенезіс та нуклеосинтез. Космомікрофізика.	2		10



4	<b>Тема 4.</b> Генерація та характеристики реліктового випромінювання. Анізотропія реліктового випромінювання - важливий тест космологічних моделей.	2+ 2 консультації		10
5	<b>Тема 4.</b> Фазові переходи в ранньому Всесвіті. Утворення та властивості топологічних дефектів. Вплив топологічних дефектів на еволюцію Всесвіту. Астрофізичні прояви топологічних дефектів.			
6	<b>Тема 5.</b> Генерація магнітних полів у ранньому Всесвіті. Вплив магнітних полів та ефекту Швінгера на еволюцію раннього Всесвіту.		2	8
7	<b>Тема 6.</b> Хігсівська інфляція та модель інфляції Старобінського.		2	8
8	<b>Тема 7.</b> Генерація скалярних та тензорних первинних збурень в ранньому Всесвіті, рівняння Муханова-Сазакі	Генерація баріонної асиметрії Всесвіту.		8
9	<b>Тема 8.</b> Моделі темної енергії та темної матерії. Неповнота Стандартної Моделі елементарних частинок.	2		8
10	<b>Тема 9.</b> Нейтринні осциляції, стерильні нейтрино, модель Шапошникова	2		8
11	<b>Тема 10.</b> Розширення Стандартної Моделі	2		8
	<b>Контрольна робота 1</b>	2		8
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

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

Лекцій – **18 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **4 год.**

Лабораторні заняття – **0 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації – **2 год.**

Самостійна робота – **96 год.**

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

**Основна:** (Базова)

1 Mukhanov, V. (2005). *Physical foundations of cosmology*. Cambridge, UK: Univ. Pr.

2. Peebles, P. J. E. (1980). *The large-scale structure of the universe*.

*Princeton university press.*

3. Weinberg, S. (2005). *The Quantum theory of fields. Vol. 1: Foundations.* Cambridge University Press.

4. Weinberg, S. (2008). *Cosmology.* Oxford, UK: Oxford Univ. Pr.