

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

фізичний факультет  
(назва факультету, інституту)

Кафедра квантової теорії поля та космомікрофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана з навчальної роботи  
Оксана МОМОТ  
2022 року

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### НОВА ФІЗИКА ВИСОКИХ ЕНЕРГІЙ

(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 магістр  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма квантова теорія поля, фізика високих енергій,  
ядерна енергетика  
(назва освітньої програми)  
вид дисципліни вибіркова

Форма навчання	<u>денна</u>
Навчальний рік	<u>2022/2023</u>
Семестр	<u>3</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>3</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладачі: Горбар Едуард Володимирович

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

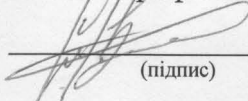
КИЇВ – 2022

Розробник:

Горбар Едуард Володимирович, д.ф.-м.н., с. н. с., професор кафедри квантової теорії поля та космофізики.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри квантової теорії поля та космофізики



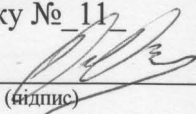
Станіслав ВІЛЬЧИНСЬКИЙ  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 17 від « 27 » травня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету.

Протокол від « 10 » червня 2022 року № 11

Голова науково-методичної комісії



Олег ОЛІХ  
(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

**1. Мета дисципліни** – ознайомлення з сучасним станом фізики елементарних частинок та високих енергій, її досягненнями, проблемами і перспективами їх вирішення, подальшими напрямками розвитку фізики високих енергій.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. **Знати** основи класичної та квантової механіки, електродинаміки, термодинаміки та статистичної фізики, спеціальної теорії відносності і фізики елементарних частинок.

2. **Вміти** розв'язувати задачі з різних розділів загальної та теоретичної фізики, планувати власну роботу і оцінювати її результати і наслідки.

3. **Володіти навичками** роботи з науковою літературою, підготовки доповідей, взаємодії з колегами під час навчання.

**3. Анотація навчальної дисципліни:** у рамках курсу «Нова фізика високих енергій» розглядаються новітні досягнення фізики високих енергій, зокрема основні параметри сучасної прискорювальної техніки та засобів обробки інформації, найновіші відкриття в галузі фізики високих енергій, відкриті проблеми та можливі шляхи їх вирішення, обговорюються перспективи розвитку фізики високих енергій, зокрема проекти нових прискорювачів елементарних частинок, а також телескопів для дослідження високоенергетичних процесів в астрофізичних об'єктах і в ранньому Всесвіті.

**4. Завдання (навчальні цілі):** основними завданнями вивчення дисципліни «Нова фізика високих енергій» є засвоєння студентами теоретичних методів фізики елементарних частинок, астрофізики високих енергій, формування у студентів загальної картини про сучасний стан фізики високих енергій і перспектив її розвитку в майбутньому.

Згідно освітньо-наукової програми «Квантова теорія поля» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*Інтегральної*

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

*загальних*

ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

*фахових:*

СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

Згідно освітньо-наукової програми «Фізика високих енергій» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*Інтегральної*

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

*загальних*

ЗК02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

*фахових:*

СК04. Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та астрономії.

Згідно освітньо-наукової програми «Ядерна енергетика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

*Інтегральної*

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

*Загальних*

ЗК01.Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК02.Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК03.Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04.Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

*фахових:*

СК01.Здатність використовувати закони та принципи фізики у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

СК02. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та астрономії.

СК06. Здатність розробляти наукові та прикладні проекти, керувати ними і оцінювати їх на основі фактів.

СК07.Здатність організовувати освітній процес та проводити практичні та лабораторні заняття з фізичних навчальних дисциплін в закладах вищої освіти.

СК10. Здатність проводити аналіз надійності та результатів неруйнівного контролю обладнання АЕС

## 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			
<b>1. Знати</b>				
1.1	склад Стандартної моделі фізики елементарних частинок, особливості кожного з 4 типів фундаментальних взаємодій між частинками	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекції</li> <li>• самостійна робота</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• контрольні роботи</li> <li>• тематичний контроль самостійної роботи</li> <li>• підготовка усних доповідей</li> <li>• екзаменаційна робота</li> </ul>	8
1.2	принципи будови і роботи прискорювачів елементарних частинок, параметри існуючих прискорювачів			8
1.3	процеси і явища фізики високих енергій у ранньому Всесвіті та в астрофізичних об'єктах			8
1.4	сучасні проблеми фізики високих енергій та підходи до їх вирішення			8
1.5	перспективи розвитку прискорювальної техніки та засобів астрофізичних спостережень			8
<b>Загалом:</b>				<b>40</b>
<b>2. Вміти</b>				
2.1	визначати кінематику процесів взаємодії між елементарними частинками із	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекції</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• контрольні роботи</li> </ul>	8

	застосуванням методів спеціальної теорії відносності	<ul style="list-style-type: none"> <li>самостійна робота</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>тематичний контроль самостійної роботи</li> <li>підготовка усних доповідей</li> <li>екзаменаційна робота</li> </ul>	
2.2	обчислювати перерізи елементарних процесів у фізиці високих енергій за допомогою методів квантової теорії поля			8
2.3	розв'язувати задачі, пов'язані з явищами і процесами фізики елементарних частинок у ранньому Всесвіті та астрофізичних об'єктах			8
2.4	аналізувати дані експериментів у фізиці високих енергій, подані в графічному чи іншому вигляді			8
2.5	розв'язувати задачі, пов'язані з розрахунком параметрів прискорювачів і телескопів			8
<b>Загалом:</b>			<b>40</b>	
<b>3. Комунікація</b>				
3.1	здатність бути активним учасником обговорень	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лекції</li> <li>самостійна робота</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>контрольні роботи</li> <li>тематичний контроль самостійної роботи</li> <li>підготовка усних доповідей</li> <li>екзаменаційна робота</li> </ul>	3
3.2	презентувати результати самостійної роботи у форматі усних та/або письмових повідомлень із/без використання наочних засобів			4
3.3	майстерність методологічного сумніву висловленої позиції колег та/або авторитетного джерела			3
<b>Загалом:</b>			<b>10</b>	
<b>4. Автономність та відповідальність</b>				
4.1	віднаходити необхідну інформацію з різних джерел	<ul style="list-style-type: none"> <li>Лекції</li> <li>самостійна робота</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>контрольні роботи</li> <li>тематичний контроль самостійної роботи</li> <li>підготовка усних доповідей</li> <li>екзаменаційна робота</li> </ul>	4
4.2	застосовувати отримані знання в професійній діяльності			3
4.3	демонструвати вміння працювати в колективі та самостійно			3
<b>Загалом:</b>			<b>10</b>	

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін, які не входять до блоків спеціалізації)

Програмні результати навчання	Результати навчання дисципліни																
	1					2					3			4			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	
<b>ПРН05</b> Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+
<b>ПРН02</b> Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.						+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>ПРН03</b> Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових та прикладних досліджень в області фізики та астрономії.													+	+	+	+	+
<b>ПРН06</b> Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та астрономії.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+					+	+	+
<b>ПРН07</b> Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та астрономії, оприлюднених у формі публікацій чи усної доповіді.													+	+	+	+	+
<b>ПРН09</b> Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.				+	+								+	+	+	+	+
<b>ПРН20</b> Вміти використовувати віртуальний детектор для обчислення акцептанта реєстрації подій та ефективності реєстрації частинок, адронних струменів, та інших процесів.						+			+	+							
<b>ПРН21</b> Вміти розраховувати поперечні перерізи різних типів процесів з використанням методу моделювання взаємодії і детектора методами Монте-Карло.	+		+			+	+	+	+								
<b>ПРН23</b> Вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між статичними та динамічними характеристиками частинок..	+					+		+	+								
<b>РН07.</b> Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та астрономії, оприлюднених у формі публікацій чи усної доповіді.													+	+	+	+	+
<b>РН09.</b> Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та астрономії, відслідковувати найновіші		+		+	+				+					+	+	+	

досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи з колегами.																			
<b>PH13.</b> Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.																			
<b>PH14.</b> Розробляти та викладати фізичні навчальні дисципліни у закладах вищої, фахової передвищої, професійної (професійно-технічної), загальної середньої та позашкільної освіти, застосовувати сучасні освітні технології та методики, здійснювати необхідну консультативну та методичну підтримку здобувачів освіти.																			
<b>PH16.</b> Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії																			
<b>PH18.</b> Володіти основами фізики реакторів, ядерної безпеки АЕС, експлуатації ядерних енергоблоків																			
<b>PH19.</b> Застосовувати фізичні моделі та прийоми аналізу достовірності фізичних моделей для розв'язання прикладних задач в області ядерної енергетики;																			
<b>PH23.</b> Вміти використовувати методи розрахунку радіаційного захисту для медичних установок та іншого обладнання, яке використовує джерела іонізуючого випромінювання .																			

## 7. Схема формування оцінки.

Контроль знань здійснюється за системою ECTS, яка передбачає дворівневе оцінювання засвоєного матеріалу, зокрема:

- **оцінювання теоретичної підготовки**  
(результати навчання: **знати** 1.1–1.5), що складає 40% від загальної оцінки;
- **оцінювання практичної підготовки**  
(результати навчання: **вміти** 2.1–2.5; **комунікація** 3.1–3.3; **автономність та відповідальність** 4.1–4.3), що складає 60% загальної оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

- **семестрове оцінювання** розмежоване між лекційними заняттями та самостійною роботою. Загалом форми викладання і навчання проводяться у форматі усних та письмових завдань, обов'язкову кількість яких оцінюють різною кількістю балів:
  - *min* – найменша кількість балів (їх отримання є свідченням, що студент приділив недостатньо уваги окремому завданню)

- *max* – висока кількість балів (їх отримання є свідченням, що студент приділив достатньо уваги та самоорганізації для опрацювання теми)

Форми викладання і навчання	Форми контролю	Результати навчання	Кількість балів	
			min	max
Лекційні заняття	Модульна контрольна робота 1	1.1 – 1.5 2.1 – 2.5	18	30
	Модульна контрольна робота 2	3.1 – 3.3 4.1 – 4.3		
Самостійна робота	Виконання домашніх завдань	1.1 – 1.5 2.1 – 2.5	9	15
	Підготовка усних доповідей	3.1 – 3.3 4.1 – 4.3	9	15
<b>Загалом за роботу у семестрі</b>			36	60

- **відпрацювання пропусків** лекцій, всі пропуски студентом без поважної причини повинні бути відпрацьовані.
- **допуском студента до підсумкового оцінювання** є виконання обов'язкових самостійних завдань, відпрацювання пропусків лекцій та набирання мінімальної кількості (**36**) балів.
- **підсумкове оцінювання у формі екзамену** здійснюється у формі письмового екзамену. Екзаменаційний білет включає два теоретичних питання і одне практичне. Загальна кількість балів за екзаменаційну роботу складає 40 балів (15+15+10).  
Оцінка за екзаменаційну роботу вноситься у екзаменаційну відомість тільки якщо вона рівна або більша 24 балам (тобто від 24 до 40). Якщо загальна оцінка за екзаменаційну роботу буде меншою 24 балів, тоді у екзаменаційну відомість вноситься 0 балів і іспит є нескладеним і загальна оцінка за навчальну дисципліну є «незадовільно».

## 7.2 Організація оцінювання:

Форма оцінювання	Форми викладання і навчання	Форми контролю	Графік оцінювання	
			конкретизований	Загальний
Семестрова	Лекційні заняття	Модульна контрольна робота 1	Після теми 5	Впродовж теоретичного навчання у семестрі
		Модульна контрольна робота 2	Після теми 8	
	Самостійна робота	Виконання домашніх завдань	В рамках теоретичного навчання, до початку семестрового контролю	
		Підготовка усних доповідей		
Підсумкова	Письмова робота	<b>Екзаменаційна робота</b>	Залежно від графіку навчання	Впродовж семестрового контролю

## 7.3 Шкала відповідності оцінок



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

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	практ. зан.	с/р
<i>Змістовий модуль 1</i>				
1	Вступ. Стандартна модель фізики елементарних частинок, види фундаментальних взаємодій	2		4
2	Прискорювачі елементарних частинок. Розвиток прискорювальної техніки	4		8
3	Великий адронний колайдер (LHC), його параметри. Експерименти на LHC, їх цілі і результати.	4		8
4	Проекти майбутніх прискорювачів і експериментів	4		8
5	Сучасні проблеми фізики елементарних частинок: природа маси нейтрино, пояснення аномального магнітного моменту мюона, порушення лептонної універсальності	4		6
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>			2
<i>Змістовий модуль 2</i>				
6	Етапи еволюції Всесвіту. Явища і процеси фізики елементарних частинок у ранньому Всесвіті	4		8
7	Фотони, нейтрино і космічні промені високих енергій, їх джерела, механізми генерації, поширення в міжзоряному і міжгалактичному середовищі, принципи детектування	4		8
8	Сучасні обсерваторії, які дозволяють реєструвати частинки високих енергій космічного походження. Розвиток спостережувальної техніки	4		6
	<i>Модульна контрольна робота 2</i>			2
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>		<b>60</b>

Загальний обсяг **90 год.**, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### *Основна:*

1. Langacker P. The Standard Model and Beyond. – New York: CRC Press, 2000. – 664 p.
2. Емельянов В.М. Стандартная модель и ее расширения. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.
3. Perkins D.H. Particle Astrophysics. – Oxford: Oxford University Press, 2009. – 340 p.
4. Perkins D.H. Introduction to High Energy Physics. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – 442 p.
5. Grupen C. Astroparticle Physics. – Berlin: Springer-Verlag, 2005. – 442 p.

### *Додаткова:*

6. Close F. Particle Physics: A Very Short Introduction. Oxford: Oxford University Press, 2004. – 160 p.
7. Wiedemann H. Particle Accelerator Physics. – Berlin: Springer-Verlag, 2009. – 948 p.
8. Lee S.Y. Accelerator Physics. – Singapore: World Scientific Publishing Co., 2004. – 576 p.
9. Горбунов Д.С., Рубаков В.А. Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 552 с.
10. Kane G.L. Modern Elementary Particle Physics: the Fundamental Particles and Forces. – New York: Addison-Wesley Publishing Company, 1994. – 352 p.
11. Лонгейр М. Астрофизика высоких энергий. – М.: Мир, 1983. – 400 с.