

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет  
(назва факультету, інституту)

Кафедра ядерної фізики

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Заступник декана  
з навчальної роботи

\_\_\_\_\_ Момот О.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Experimental Astroparticle Physics**

*(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

**Фізика високих енергій, Ядерна енергетика, Квантова  
теорія поля**

*(назва освітньої програми)*

вид дисципліни

**обов’язкова**

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2021/2022

Семестр

2

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання, навчання  
та оцінювання

англійська

Форма заключного контролю

залік

Викладачі: докт. фіз.-мат. наук, професор В.Є. Аушев;

*(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)*

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

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

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

**КИЇВ – 2021**

Розробник: *докт. фіз.-мат. наук, професор В.Є. Аушев*

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ядерної фізики

\_\_\_\_\_ (Каденко І.М.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «10» червень 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від « 22» червень 2021 року №4

Голова науково-методичної комісії \_\_\_\_\_ ( Оліх О.Я. )  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – Метою дисципліни «Experimental Astroparticle Physics» є отримання студентами глибокого розуміння сучасних теорій походження елементів в Природі, енергетики і процесів в зірках, різних явищах астрофізики, включаючи гравітаційні хвилі, космічні промені та випромінювання.

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

1. Успішне опанування всіх попередніх курсів фізики високих енергій, теоретичної астрофізики та ядерної фізики.
2. Вміти вести розрахунки і розв'язувати задачі з ядерної фізики та фізики елементарних частинок.
3. Володіти навичками написання комп'ютерних програм для аналізу даних.

### 3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Experimental Astroparticle Physics» є одним з розділів курсу фізики для підготовки фахівців в галузі фізики високих енергій, і є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "магістр". Курс «Experimental Astroparticle Physics» дозволить значно покращити професійну підготовку студентів кафедри ядерної фізики, підготувати їх до участі в експериментах в сучасній астрофізиці частинок.

**4. Завдання (навчальні задачі)** – навчити студентів вільно орієнтуватися на якісному та кількісному рівні в основних теоріях та процесах нуклеосинтезу. Виробити навички практичного використання засвоєних знань, методів і підходів у наукових дослідженнях, які складають основу професійної діяльності. Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика високих енергій», ОНП «Ядерна енергетика», ОНП «Квантова енергія поля» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

#### Інтегральних:

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

#### Загальних:

**ЗК08.** Здатність використовувати основні методи програмування та моделювання у фізиці.

#### Фахових:

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

**СК10.** Здатність використовувати знання й уміння в галузі практичного використання комп'ютерних технологій для дослідження процесів в ФВЕ.

**СК12.** Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей елементарних частинок та процесів взаємодії.

### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.	Знати:	Лекції, самостійна робота	Тести, опитування, модульна контрольна	50
1.1	основні положення теорії			

\*

\*

	нуклеосинтезу;			
1.2	основи і принципи досліджень з пучками різних енергій, а також методи дослідження зразків, що відповідають астрофізиці частинок;			
1.3	найбільш відомі сучасні експерименти по вимірюванню гравітаційних хвиль;			
1.4				
2.	Вміти:	Лекція, самостійна робота	Тести, опитування, модульна контрольна	50
2.1	логічно і послідовно формувати основні поняття і гіпотези, які відповідають астрофізиці частинок ;			
2.2	знати основні напрямки досліджень в лабораторіях по астрофізиці частинок; аналізувати експериментальні дані та оцінювати точність отриманих результатів;			
2.3	самостійно опановувати та використовувати літературу по сучасній астрофізиці частинок.			

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

Результати навчання дисципліни		1.	2.
Програмні результати навчання			
<b>РН04.</b> Вибирати та використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних в фізичних та астрономічних дослідженнях і оцінювання їх достовірності.		+	
<b>РН06.</b> Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та астрономії.			+
<b>РН11.</b> Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.		+	+
<b>РН12.</b> Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження			

моделей фізичних та астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експериментів і спостережень.		
<b>РН16.</b> Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.		
<b>РН18.</b> Застосовувати сучасні методи програмування на мові C, C++ та Python з пакетом ROOT для розв'язування конкретних задач у фізиці високих енергій.		
<b>РН19.</b> Вміти визначати метод розрахунку, необхідний для розв'язку конкретної наукової проблеми в області фізики високих енергій.		
<b>РН24.</b> Проводити аналітичні та чисельні методи опису кінетики процесу взаємодії і розпаду частинок.		

## 8. Схема формування оцінки.

Робота з вивчення програмного матеріалу поділяється на два змістові модулі. У межах кожного із змістовних модулів передбачається проведення тестів за темою матеріалу модуля, виконання студентами самостійних роботи. Загальна оцінка формується з оцінювання: виконання домашніх самостійних завдань, тестів та контрольних.

### 8.1. Форми оцінювання студентів.

Підсумкова форма контролю виконання студентом самостійних робіт – залік. Підсумковий контроль знань з навчальної дисципліни "Experimental Astroparticle Physics" студентів проводиться у формі заліку з використанням модульно-рейтингової системи оцінювання.

### 8.2. Організація оцінювання:

#### Організація оцінювання заліку з самостійної роботи і поточного тестування.

Умова допуску студента до заліку — проведення наукової доповіді студентами по заданій темі "Experimental Astroparticle Physics" з оформленням відповідних слайдів. Максимальна кількість балів, яка може бути отримана студентом за виконання самостійних робіт та поточних тестів по кожній темі прочитаних лекцій складає 40 балів.

#### Організація оцінювання на заліку з навчальної дисципліни.

Наприкінці кожного змістового модулю проводиться контроль теоретичних і практичних знань у вигляді модульної письмової контрольної роботи (за розрахунок 1 год. самостійної роботи). Максимальна кількість балів, яка може бути отримана за підсумком кожного тестування із змістовних модулів – 10. Загальна максимальна кількість балів, яка може бути отримана студентом при виконанні тестових завдань двох змістових модулів – 20. Таким чином, з урахуванням усіх тестів і виконання самостійної роботи максимальна кількість балів до проведення підсумкового заліку — 60 балів.

Підсумковий контроль знань з навчальної дисципліни "Experimental Astroparticle Physics" студента проводиться у формі заліку, під час якого може бути отримана максимальна кількість балів – 40. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка на заліку складається з семестрової модульної та залікових оцінок і дорівнює 100 балам.

Умови допуску до підсумкового заліку — проведення наукової доповіді по визначеній темі, позитивна оцінка за кожною з модульних контрольних робіт та всіх поточних тестів по кожній темі — не менше 20 балів. У відсутність студента на модульній контрольній роботі з поважних причин, які підтверджені документально, студент повинен пройти модульний контроль у інші терміни в установленому деканатом порядку.

### 8.3 Шкала відповідності оцінок.

#### *Шкала відповідності для заліку з лабораторних робіт*

Зараховано/ Passed	60 — 100
Не зараховано / Fail	0 — 59

# СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин			
		лекції	практ.з ан.	лаб. роб.	самост. робота
Змістовий модуль 1.					
1	Вступ. Предмет вивчення експериментальної астрофізики частинок. Експериментальне обладнання для досліджень і особливості проведення експериментів. Зв'язок із ядерною фізикою.	2			4
2	Поширеність хімічних елементів із різним атомним номером А на Землі, Сонці, зірках і в космічному просторі. Походження атомів. Утворення найлегших атомних ядер при Великому Вибуху, дозірковий нуклеосинтез..	2			8
3	4 ери еволюції Всесвіту. Реліктове випромінювання. Синтез ядер на зірках. Магічні числа і поширеність елементів.	2			8
4	Класифікація і життя зірок. Енерговиділення зірок. Роль космічних променів в утворенні деяких елементів.	4			6
5	Формування елементів від гелію до залізного максимуму. Невирішені проблеми.	2			4
	Модульна контрольна робота 1				2
Змістовий модуль 2.					
7	Всесвіт: наднові, нейтронні зірки, квазари і чорні дірки. Пульсари, вибухи наднових. Антипротони у Всесвіті після Великого Вибуху.	4			4
8	Означення і типи космічних променів. Первинні і вторинні космічні промені. Енергетичний спектр. Елементний склад променів. Попадання променів в земну атмосферу- радіаційний пояс Землі.	4			10
9	Експерименти по дослідженню гравітаційних хвиль. Утворення важких елементів: r- та s-process. CNO-цикли. Роль нейтронів.	4			4
10	Експериментальні лабораторні вимірювання в астрофізиці частинок. Подолання кулонівського бар'єру при низьких енергіях низько-фонові експерименти. Експерименти із нестабільними ядрами.	4			8
	Модульна контрольна робота 2				2
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>			<b>60</b>

Загальний обсяг год. –**90-**, в тому числі:  
 лекцій – **30 год.**;  
 лабораторні роботи – **0 год.**;  
 практичні заняття – **0 год.**;  
 самостійна робота - **60 год.**,  
 тренінги - **0 год.**,  
 консультації – **2 год.**

### **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:**

1. «An Introduction to Nuclear Astrophysics» by Richard N. Boyd
2. «STELLAR EVOLUTION, NUCLEAR ASTROPHYSICS, AND NUCLEOGENESIS» by A.G.W. Cameron.
3. “Fundamentals of Cosmic Particle Physics” by Maxim Khlopov, Springer, DOI 10.1007/978-1-907343-72-8 e-ISBN 978-1-907343-72-8, Cambridge International Science Publishing Ltd 2012
4. D.H. Perkins, Particle Astrophysics, Oxford University press, 2003
5. Dark Matter in Astro- and Particle Physics Proceedings of the International Conference DARK 2004 College Station, USA, October 3–9, 2004
6. The Fundamentals of Stellar Astrophysics George by W. Collins, II
7. Nuclear and Particle Astrophysics, edited by J.G. Hirsch and D. Page