

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету, інституту)

Кафедра ядерної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Заступник декана  
з навчальної роботи  
Момот О.В.  
«22» червня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Сучасні ядерно-фізичні експерименти

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

10 Природничі науки

(шифр і назва)

галузь знань

спеціальність

104 – “Фізика та астрономія”

(шифр і назва спеціальності)

освітній рівень

магістр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма

Фізика високих енергій

(назва освітньої програми)

спеціалізація

(за наявності)

(назва спеціалізації)

вид дисципліни

обов'язкова

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2021/2022

Семестр

2

Кількість кредитів ECTS

3

Мова викладання, навчання  
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

залік

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

(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)

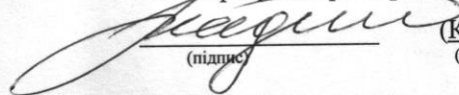
КИЇВ – 2021

Розробник<sup>1</sup>: докт. фіз.-мат. наук, професор В.Є. Аушев



ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ядерної фізики



(Каденко І.М.)

(підпис)

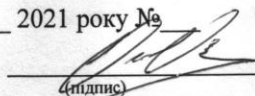
(прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від «10» червень 2021 р.

**Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету**

Протокол від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 року №

Голова науково-методичної комісії



( Оліх О.Я. )

(прізвище та ініціали)

« 22 » червень 2021 року

---

## **ВСТУП**

**1. Мета дисципліни** – Метою дисципліни «Сучасні ядерно-фізичні експерименти» є отримання студентами глибокого розуміння експериментальних досліджень при високих та низьких енергіях. Це включає засвоєння основних методів і засобів сучасних дослідження в фізиці високих енергій та прикладній ядерній фізиці, основні досягнення в цих областях та перспективи досліджень.

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

1. Успішне опанування всіх попередніх курсів фізики високих енергій 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 «Сучасні ядерно-фізичні експерименти» 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 «Сучасні ядерно-фізичні експерименти» дозволить значно покращити професійну підготовку студентів кафедри ядерної фізики, що пов'язано з тим, що студенти будуть розумітися в сучасних напрямках досліджень з різними пучками на сучасних прискорювачах, зокрема в експериментах на XFEL, Великому Адронному Колайдері, SuperKEKB, та інших експериментах на прискорювачах.

**4. Завдання (навчальні задачі)** – навчити студентів вільно орієнтуватися на якісному та кількісному рівні в основних процесах при роботі на нейтральних та заряджених пучках на основі прискорювачів. 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» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

#### Інтегральних:

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

#### Загальних:

**ЗК01.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

#### Фахових:

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

**СК05.** Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

**СК11.** Здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження елементарних частинок та каналів їх розпаду.

## 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, практичні заняття, самостійна робота	Тести, опитування, модульна контрольна	50
1.1	основні технічні характеристики колайдера SuperKEKB, роботу детектора Belle II та перспективи досліджень в найближчі роки;			
1.2	основи і принципи досліджень з нейтронними пучками різних енергій, а також методи дослідження зразків;			
1.3	основи і принципи досліджень з фотонними пучками різних довжин хвиль, особливо когерентні джерела, а також методи дослідження зразків;			
1.4	найбільш відомі сучасні експерименти по вимірюванню g-фактора мюона та гравітаційні хвилі;			
2.	Вміти:	Лекція, самостійна робота	Тести, опитування, модульна контрольна	50
2.1	логічно і послідовно формулювати основні поняття, які відповідають дослідженням на сучасних установках ;			
2.2	знати основні напрямки досліджень із нейтронними, фотонними нейтральними пучками, а також колайдерні експерименти;			
2.3	аналізувати експериментальні дані та оцінювати точність отриманих результатів;			
	самостійно опановувати та використовувати літературу по сучасним експериментам.			

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

Результати навчання дисципліни	1.	2.
Програмні результати навчання		
РН04.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>РН07.</b> Оцінювати новизну та достовірність наукових результатів з обраного напрямку фізики та астрономії, оприлюднених у формі публікацій чи усної доповіді.	+	+
<b>РН10.</b> Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та астрономії, використовуючи різні джерела, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.	+	+
<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>РН13.</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>РН16.</b> Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.	+	+
<b>РН23.</b> Вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між статичними та динамічними характеристиками частинок.	+	+

## 8. Схема формування оцінки.

Робота з вивчення програмного матеріалу поділяється на два змістові модулі. У першому змістовному модулі вивчається матеріал за темою “Експериментальне обладнання і методика досліджень із пучками нейтронів та фотонів”, а у другому – “Експерименти Belle II та Muon g-2”: результати, перспективи та їх інтерпретація”. 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 "Сучасні ядерно-фізичні експерименти" 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 не менше двох наукових доповідей студентами по заданій темі Сучасні ядерно-фізичні експерименти 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 "Сучасні ядерно-фізичні експерименти" 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 двох наукових доповідей 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. Експериментальне обладнання і методика досліджень із пучками нейтронів та фотонів					
1	Загальні властивості нейтронів. Переваги і недоліки використання нейтронних пучків. Класифікація по енергії.	2			4
2	Типовий прикладний експеримент з холодними нейтронами. Приклади досліджень в різних галузях.	2			8
3	Нейтронно - активаційний аналіз. Нейтронна радіографія.	2			8
4	Джерела синхротронне випромінювання. Дослідження на фотонних пучках в рентгенівському діапазоні хвиль.	4			6
5	Когерентне синхротронне випромінювання. Європейський лахер на вільних електронах XFEL, Linac Coherent Light Source (LCLS) та інші подібні проекти.	2			4
	Модульна контрольна робота 1				2
Змістовий модуль 2.					
7	Muon g-2 Experiment з метою перевірки Стандартної моделі.	4			4
8	Belle II експеримент: статус експерименту, заплановані фізичні дослідження.	4			10
9	Експерименти по дослідженню гравітаційних хвиль.	4			4
10	Фізика частинок в різних експериментах на колайдері LHC.	4			8
	Модульна контрольна робота 2				2
	ВСЬОГО	30			60

Примітка: теми, винесені на самостійне вивчення.

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<sup>1</sup>:

1. Present status of neutron fundamental physics at J-PARC Prog. Theor. Exp. Phys. 2012, 02B007 (11 pages) DOI: 10.1093/ptep/pts075
2. J.B. Murphy & C. Pellegrini, "Introduction to the Physics of the Free Electron Laser", Laser Handbook, vol. 6 p. 9-69 (1990).
3. R. Bonifacio et al, "Physics of the High-Gain Free Electron Laser & Superradiance", Rivista del Nuovo Cimento, Vol. 13, no. 9 p1-69 (1990) [see also Rivista del Nuovo Cimento, Vol. 15, no. 11 p1-52 (1992) ]
4. The World Wide Web Virtual Library: Free Electron Laser research and applications  
[http://sbfel3.ucsb.edu/www/vl\\_fel.html](http://sbfel3.ucsb.edu/www/vl_fel.html)
5. Saldin E.L., Schneidmiller E.A., Yurkov M.V. The physics of free electron lasers. - Berlin et al.: Springer, 2000. (Advanced texts in physics, ISSN 1439-2674).

## Інтернет-ресурси:

<https://www.belle2.org/>  
<http://muon-g-2.fnal.gov/>  
<http://www.stfc.ac.uk/astec/38749.aspx>  
[https://slacportal.slac.stanford.edu/sites/lcls\\_public/Pages/Default.aspx](https://slacportal.slac.stanford.edu/sites/lcls_public/Pages/Default.aspx)  
<http://xfel.riken.jp/eng/index.html>  
<http://xfel.desy.de/>