

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Фізичний факультет
(назва факультету, інституту)

Кафедра ядерної фізики та високих енергій



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
„Прискорювачі заряджених частинок у ЯПЦ”

(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 **бакалавр**
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

освітня програма **Фізика**
(назва освітньої програми)

спеціалізований вибіркового блоку **“Ядерна енергетика”**
(за наявності) (назва спеціалізації)

вид дисципліни **вибіркова**

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2022/2023

Семестр

7

Кількість кредитів ECTS

4

Мова викладання, навчання
та оцінювання

українська

Форма заключного контролю

залік

Викладачі: д.ф.-м.н., професор Каденко І.М.

канд. фіз.-мат. наук, доцент О.А.Безшійко

канд. фіз.-мат. наук, асистент О.М.Горбаченко

(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)

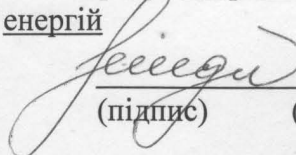
на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробники: *І.М. Каденко* докт. фіз.-мат. наук, професор;
О.А. Безшыйко, канд. фіз.-мат. наук, доцент
О.М. Горбаченко, канд. фіз.-мат. наук асистент

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ядерної фізики та високих енергій

 (Ігор Каденко)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 14 від «03» червня 2022 р.

Схвалено науково - методичною комісією факультету
фізичного факультету

Протокол від «10» червня 2022 року №11

Голова науково-методичної комісії  (Олег Оліх)
(підпис) (прізвище та ініціали)

«_____» _____ 20__ року

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання студентами глибоких та систематичних знань з курсу фізики, що включає засвоєння основних фізичних законів, які лежать в основі роботи прискорювачів, володіння методами і принципами як теоретичного розв'язку фізичних задач, так і планування та виконання фізичного експерименту на прискорювачах.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Успішне опанування базових курсів фізики («Фізика атомного ядра та елементарних частинок»).
2. Знання теоретичних основ курсу («Фізика атомного ядра та елементарних частинок»)

3. Анотація навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна „Прискорювачі заряджених частинок, їх використання в ЯПЦ” є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня „бакалавр фізики”. Пучки заряджених частинок, що отримуються на прискорювачах, знайшли широке застосування в сучасній науці і техніці. Перш за все це фізика атомного ядра і елементарних частинок, фізика плазми, проблема керованого термоядерного синтезу, фізика твердого тіла, генерація надвисоких частот, накачка лазерів, а також практичне застосування в медицині, поводженні з радіоактивними відходами, обробці матеріалів, дефектоскопії, в тому числі і компонентів обладнання ядерних енергетичних установок харчовій промисловості, електронних приладах тощо. Дисципліна “Прискорювачі заряджених частинок в ЯПЦ” є базовою для засвоєння фундаментальних знань з фізики прискорювачів, оволодіння основними поняттями, принципами і підходами до розуміння фізичних основ роботи прискорювачів та вміння використовувати пучки прискорених частинок в наукових дослідженнях та прикладних галузях, зокрема, при поводженні з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами.

4. Завдання (навчальні задачі) – використовувати пучки прискорених частинок при проведенні ядерно-фізичних експериментів або при застосуванні пучків в прикладних задачах. Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (перший (бакалаврський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

Інтегральних:

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

Загальних:

ЗК3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК4. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК5. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Фахові:

ФК1. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

ФК15. Здатність аналізувати світові тренди розвитку фізики та астрономії для вибору власної освітньої траєкторії навчання та тематики майбутніх наукових досліджень.

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			
1.1	Вступ до прискорювачів, фізика прискорювачів заряджених частинок	Лекція	Тест	15
2.1	Застосовувати теоретичні знання з фізики	Лекція, практичне	Тест	85

	прискорювачів заряджених частинок	заняття (лабораторні)		
--	-----------------------------------	--------------------------	--	--

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

Результати навчання дисципліни	1.1	2.1
Програмні результати навчання		
ПРН2. Знати і розуміти фізичні основи явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та функціонування прискорювальних комплексів, їх використання в різних напрямках науки і виробництва.	+	
ПРН4. Вміти застосовувати базові математичні знання з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.		+
ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики прискорювачів, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.		+
ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.	+	+
ПРН15. Знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних і астрономічних явищ, наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини.	+	+
ПРН25. Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітніх траєкторій та професійного розвитку.	+	
ПРН28. Мати уявлення про трансдисциплінарний шлях розвитку науки та його значення для вибору майбутньої освітньої траєкторії.		+

8. Схема формування оцінки:

Навчальна дисципліна „Прискорювачі заряджених частинок, їх використання в ЯПЦ” оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 2-х модулів. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100 - бальною шкалою.

8.1 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. 2-і модульні контрольні роботи (максимум – 10+20=30 балів).

2. Опитування і контрольні при проведенні лекційних занять (максимум – 10 балів).

3. Оцінювання практичних робіт (максимум – 30 балів).

- підсумкове оцінювання у формі заліку (максимум – 30 балів)

- Підсумкове оцінювання у формі заліку (підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів), яка визначається як сума (проста або зважена) балів за систематичну роботу впродовж семестру. Оцінка виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру.

	Семестрова кількість балів	ПКР (підсумкова контрольна робота) чи/або чи	Підсумкова оцінка
--	----------------------------	--	-------------------

		іспит	
<i>Мінімум</i>	30	0	60
Максимум	70	30	100

8.2 Організація оцінювання:

Шкала відповідності (за умови іспиту)

За 100 – бальною шкалою	За національною шкалою	
90 – 100	5	відмінно
85 – 89	4	добре
75 – 84		
65 – 74	3	задовільно
60 – 64		
35 – 59	2	не задовільно
1 – 34		

Шкала відповідності (за умови заліку)

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№	НАЗВА ТЕМИ	Кількість годин		
		Лекції	Лаб.роботи	Самостійна роб.
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. Вступ до фізики прискорювачів				
1	Вступ. Призначення прискорювачів. Найважливіші характеристики. Класифікація. Каскадні прискорювачі. Електростатичні генератори. Тандем.	4	2	8
2	Джерела іонів. Формування іонних пучків. Основи вакуумної техніки. Вимірювання вакууму.	4	2	8
3	Індукційні методи прискорення. Бетатрон. Лінійні індукційні прискорювачі. Резонансні методи прискорення. Резонансні лінійні прискорювачі важких та легких частинок. Циклічні прискорювачі. Циклотрон. Ізохронний циклотрон	4	2	8
4	Автофазування. Синхротрон. Фазотрон. Синхрофазотрон (протонний синхротрон). Мікротрон. Лінійні прискорювачі електронів. Лінійні прискорювачі високоенергетичних протонів.	4	2	8
5	Трансмутація актиноїдів та довгоіснуючих ізотопів. Джерела нейтронів, що керуються лінійними прискорювачами заряджених частинок (ADS). ADS на основі лінійних прискорювачів електронів. ADS на основі лінійних прискорювачів високоенергетичних протонів. Розрахунок перерізів ядерних реакцій з використанням комп'ютерних кодів EMPIRE, TALYS, вплив густини ядерних рівнів та фотонної силової функції на розрахунки перерізів. Вплив температури ядер на густину ядерних рівнів та фотону силову функцію	4	2	8
Модульна контрольна робота 1				
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. «Застосування прискорювачів у ЯПЦ»				
6	Ядерний паливний цикл. Трансмутація елементів. Підкритичні збірки у складі джерел нейтронів, що керуються лінійними прискорювачами. Мішені для генерації нейтронів. Спектри нейтронів в активній зоні.	4	2	8
7	Джерела нейтронів на основі лінійних прискорювачів протонів для трансмутації радіоактивних ізотопів.	2	1	8
8	Джерела нейтронів на основі лінійних прискорювачів електронів для трансмутації радіоактивних ізотопів.	2	1	8
9	Установки для трансмутації радіоактивних ізотопів, що керуються прискорювачами, на основі ядерних реакторів на швидких нейтронах.	2		6
Модульна контрольна робота 2				1
Всього			14	75

Загальний обсяг 120 год., в тому числі

Лекцій - **30 год.**

Лабораторні заняття - **14 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Тренінги - **0 год.**

Консультації – **1 год.**

Самостійна робота - **75 год.**

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

Основна: (Базова)

1. А.Н.Лебедев, А.В.Шальнов. Основы физики и техники ускорителей.-М.:1991.-528 с.
2. Гольдин Л.Л. Физика ускорителей.-М.,1983.-144 с.
3. Комар Е.Г. Основы ускорительной техники.-М.,1975.-368 с.

4. Ливингуд Дж. Принципы работы циклических ускорителей.-М.,1963.-494 с.
5. Быстров Ю.А., Иванов С.А. Ускорители и рентгеновские приборы.-М.,1976.-207 с.
6. Форрестер А.Т. Интенсивные ионные пучки.- М.,1992.-358 с.
7. Вальднер О.А., Глазков А.А. Столкновители заряженных частиц - коллайдеры. М.,1991.-108 с.
8. Коломенский А.А. Физические основы методов ускорения заряженных частиц.-М.:Изд-во Моск.ун-та,1980.-302 с.
9. Кучеренко Е.Т. Справочник по физическим основам вакуумной технике.- К.: Вища школа,1981.-264 с.
10. <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/accelerator-driven-nuclear-energy.aspx>
11. Di-Si Wang etall. Analysis of the Accelerator-Driven System Fuel Assembly during the Steam Generator Tube Rupture Accident, *Materials (Basel)*. 2021 Apr; 14(8): 1818. Published online 2021 Apr 7. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8067567/>
12. Development of advanced reactor systems : the MYRRHA project https://snetp.eu/wp-content/uploads/2021/02/Presentation_Didier-De-Bruyn.pdf.
- 13.
14. Источник нейтронов, основанный на подкритической сборке, управляемой линейным ускорителем электронов (ИЯУ) https://www.kipt.kharkov.ua/kipt_sites/NeutronSource/neut_source.html

Додаткова:

1. Manual for troubleshooting and upgrading of neutron generators.,-IAEA-TECDOC-913, November, 1996.
2. Guide to video clip “Procedures related to the maintenance of neutron generators”. Visul aid to IAEA-TECDOC-913, (1997).
3. CMS. The Compact Muon Solenoid . Muon technical Design Report. CERN/LHC 97-32, CMS TDR 3, 15 December 1997.; CMS Collaboration. March 1998 (CERN).
4. IAEA Report. Technical Committee Meeting on Accelerator based Neutron Sources, 5-8 October 1999, Debrecen, Hungary. Working Material.
5. GSI. An International Accelerators Facility for Beams of Ions Antiprotons. Conceptual Design Report.
6. ALICE. Technical proposal for A Large Ion Collider Experiment at the CERN LHC. CERN/ LHCC/95-71, LHCC/P3, 15 December 1995.
7. Физика быстрых нейтронов (монография). Под ред. В.И. Стрижака. М., Атомиздат, 1977, 288 с. Авт.: Стрижак В.И., Гуртовой М.Е., Лещенко Б.Е., Прокопец Г.А., Ситько С.П.,
8. Leshchenko B.E., Onishchuk Yu.N., Litovchenko P.G., Kolomiets N.F., Dryapachenko I.P., Koval G.N. The accelerator based neutron sources in Ukraine and their application for nuclear physical and applied utilization. Report IAEA, Technical Committee Meeting on Application of Accelerator Based Neutron Sources, Debrecen, Hungary, 2000.
9. P. Sortals, ECR ion source developments at GANIL, Nuclear Physics News, Vol. 6, No. 4, 1996, p. 6-8.
10. В.А.Бабенко, Л.Л.Енковский,В.Н.Павлович, Ядерная энергетика. Тенденции в мире и особенности Украины. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2007. т.38. вып. 6, с.1517-1581. (с. 1564- 1569 про ADS).
11. Seiji Shiroya, Hironobu Unesaki, Yohichi Kawase, Hirotake Moriyama and Makoto Inoue, BASIC STUDY ON NUCLEAR CHARACTERISTICS OF ACCELERATOR DRIVEN SUBCRITICAL REACTOR AS FUTURE NEUTRON SOURCE. Report IAEA, Technical Committee Meeting on Application of Accelerator Based Neutron Sources, Debrecen, Hungary, 2000.

Інтернет-ресурси

12. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>; <http://atom.univ.kiev.ua/>; <http://pdg.lbl.gov>;

13. <http://www.webelements.com/>
14. <http://www.jinr.ru/>
15. <http://www.cern.ch/>
16. <http://www.gsi.de/>
17. <http://www.desy.de/>
18. <http://www.slac.stanford.edu/>
19. <http://www.kek.jp/>
20. <https://myrrha.be/about-myrrha>
21. <https://www.kipt.kharkov.ua/>