

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

(назва факультету, інституту)

Кафедра \_\_\_\_\_ ядерної фізики

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

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Сучасні проблеми та перспективи розвитку ЯПЦ і

поводження з РАВ

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

10 Природничі науки

(шифр і назва)

104 – “Фізика та астрономія”

(шифр і назва спеціальності)

магістр

(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)

Ядерна енергетика

(назва освітньої програми)

(назва спеціалізації)

вибіркова

галузь знань

спеціальність

освітній рівень

освітня програма

спеціалізація

(за наявності)

вид дисципліни

Форма навчання

Навчальний рік

Семестр

Кількість кредитів ECTS

Мова викладання, навчання

та оцінювання

Форма заключного контролю

денна

2021/2022

4

3

українська

залік

Викладач: докт. фіз.-мат. наук, професор І.М. Каденко:

(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)

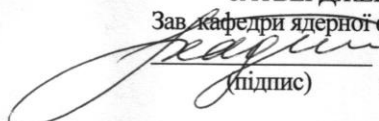
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_» \_\_ 20\_\_ р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробники: *І.М. Каденко* докт. фіз.-мат. наук, професор.

ЗАТВЕРДЖЕНО

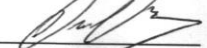
Зав. кафедри ядерної фізики

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

Протокол № 11 від «10» червня 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)

## **ВСТУП**

**1. Мета дисципліни** – Метою дисципліни "Сучасні проблеми та перспективи розвитку ЯПЦ і поводження з РАВ" є набуття студентами знань про принципи побудови сучасних та перспективних ядерних енергетичних установок, в т.ч. реакторів четвертого покоління, а також особливості поводження з відпрацьованим ядерним паливом з метою удосконалення ЯПЦ.

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

1. Успішне опанування загальних курсів "Молекулярна фізика", "Ядерна фізика", а також наступних спеціальних курсів: "Фізичні основи експлуатації АЕС", "Ядерна безпека АЕС", "Динамічні процеси в ядерних реакторах", "Теорія ядерних реакторів".
2. Вміти розв'язувати задачі в рамках загальних математичних курсів, а також курсів фізики та спеціальних курсів.
3. Володіти навичками роботи на комп'ютері щодо інформаційного пошуку в мережі Інтернет, аналізу отриманої інформації, а також самостійного вирішення комплексних задач.

### **3. Анотація навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна "Сучасні проблеми та перспективи розвитку ЯПЦ і поводження з РАВ" є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "магістр".

Курс "Сучасні проблеми та перспективи розвитку ЯПЦ і поводження з РАВ" дозволить значно покращити професійну підготовку студентів кафедри ядерної фізики, що пов'язано з набуттям нових навичок студентами для самостійного опрацювання великого обсягу матеріала щодо новітніх ядерних установок та технологій з метою підвищення їх безпеки, зменшення напружованих РАВ, замикання ЯПЦ для забезпечення використання ядерної енергії в енергетиці, медицині, прикладних та фундаментальних дослідженнях.

**4. Завдання (навчальні цілі)** – Сформувати у студентів уявлення про сучасні галузі застосування ядерної енергії. Згідно вимог Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Ядерна енергетика» 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.

**ЗК04.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

**ЗК05.** Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

#### Фахових:

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

**СК09.** Здатність ефективно використовувати на практиці сучасні теорії та методи управління наукою та ділового адміністрування.

**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			
1.1	Знати особливості конструкцій перспективних ядерних реакторів, основні підходи до зменшення довгоіснуючих РАВ та замикання ЯПЦ, а також забезпечення нових ядерних енергетичних реакторів.	лекція	Контрольні завдання	50
2.1	Вміти працювати з великими обсягами матеріалу для обґрунтування основних тенденцій розвитку ядерної енергетики та вирішення поточних проблем.	лекція	Контрольні завдання	50

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

Результати навчання дисципліни		1.1	2.1
Програмні результати навчання			
РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.			
РН02. 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.		+	
РН03. Застосовувати сучасні теорії наукового менеджменту та ділового адміністрування для організації наукових та прикладних досліджень в області фізики та астрономії.			+
РН04. Вибирати та використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних в фізичних та астрономічних дослідженнях і оцінювання їх достовірності.			+
РН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та астрономії.		+	+
РН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіяти спілкуючись із колегами.		+	+
РН12. Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експериментів і спостережень		+	+
РН18. Застосовувати сучасні методи програмування на мові C, C++ та Python з пакетом ROOT для розв'язування конкретних задач у фізиці високих енергій.		+	+

PH20. Вміти використовувати віртуальний детектор для обчислення акцептанта реєстрації подій та ефективності реєстрації частинок, адронних струменів, та інших процесів.		+
PH22. Вміти формулювати основні фізичні принципи процесів на кварковому рівні;	+	+
PH23. Вміти встановлювати причинно-наслідковий зв'язок між статичними та динамічними характеристиками частинок..	+	+
PH24. Проводити аналітичні та чисельні методи опису кінетики процесу взаємодії і розпаду частинок.	+	+

## 8. Схема формування оцінки:

**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. Опитування при проведенні лекційних занять (максимум – 50 балів).

2. Контрольні роботи (максимум – 50 балів).

- підсумкове оцінювання (у формі заліку, у формі екзамену, у випадку комплексного екзамену)

- 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. **Залік** виставляється за результатами роботи студента впродовж усього семестру.

	Семестрова кількість балів	ПКР (підсумкова контрольна робота) чи/або залік	Підсумкова оцінка
Мінімум	40	20	60
Максимум	60	40	100

## 8.2 Організація оцінювання:

### Шкала відповідності

Зараховано	60-100
Не зараховано	0-59

# СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	Практичні заняття	Самостійна робота
1	Фізичні основи експлуатації конструкційні рішення ЯЕУ на швидких нейтронах. Особливості ядерних реакцій на ядрах, що діляться. Нукліди як ядерне паливо. Спектр нейтронів поділу. Перерізи та характеристики матеріалів, що діляться. Ефективний коефіцієнт розмноження. Коефіцієнт відтворення. Бريدінг. Ланцюжки перетворення при бريدінгу. Особливість компонування активних зон для бريدінгу. Ядерні енергетичні установки БН-600, ФЕНІКС та СУПЕРФЕНІКС.	4	-	8
2	Швидкі реактори з натрієвим охолодженням: CFR-600, ASTRID, FBR1&2. Принципи та основні засади конструкції. Компонівка АкЗ. Вимоги до ядерного палива. Конструкція твел. Концепція енергетичної установки. Швидкі реактори з натрієвим охолодженням: 4S, JSFR, PGSFR. Принципи та основні засади конструкції. Компонівка АкЗ. Вимоги до ядерного палива. Конструкція твел. Концепція енергетичної установки. Швидкі реактори з натрієвим охолодженням: BN-1200, MBIR. Принципи та основні засади конструкції. Компонівка АкЗ. Вимоги до ядерного палива. Конструкція твел. Концепція енергетичної установки.	4	-	8
3	Швидкі реактори з важким /свинцев-вісмутовим охолодженням: MYRRHA, CLEAR-I. Принципи та основні засади конструкції. Компонівка АкЗ. Вимоги до ядерного палива. Конструкція твел. Концепція енергетичної установки. Швидкі реактори з важким /свинцев-вісмутовим охолодженням: ALFRED, ELFR. Принципи та основні засади конструкції. Компонівка АкЗ. Вимоги до ядерного палива. Конструкція твел. Концепція енергетичної установки. Швидкі реактори з важким /свинцев-вісмутовим охолодженням: PEACER, BREST-OD-300. Принципи та основні засади конструкції. Компонівка АкЗ. Вимоги до ядерного палива. Конструкція твел. Концепція енергетичної установки.	4	-	8
4	Швидкі реактори з розплавом солей: MSFR. Швидкі реактори з газовим охолодженням: ALLEGRO, EM <sup>2</sup> . Принципи та основні засади конструкції. Компонівка АкЗ. Вимоги до ядерного палива. Конструкція твел. Концепція енергетичної установки.	2	-	4
5	Підкритичні системи, що керуються прискорювачами: установка ХФТІ НАНУ. Фізична схема установки. Склад активної зони та внутрішньо корпусні пристрої. Основні робочі параметри. Тепловідділяючі збірки. Тепло гідравлічні характеристики активної зони. Спекти нейтронів у вихідних каналах. Проблеми безпеки. Застосування установки. Підкритичні системи, що керуються прискорювачами: установка MYRRHA. Фізична схема установки. Склад активної зони та внутрішньо корпусні пристрої. Основні робочі параметри. Тепловідділяючі збірки. Тепло гідравлічні характеристики активної зони. Спекти нейтронів у вихідних каналах. Проблеми безпеки. Застосування установки. Підкритичні системи, що керуються прискорювачами: установка DELPHI. Фізична схема установки. Склад активної зони та внутрішньо корпусні пристрої. Основні робочі параметри. Тепловідділяючі збірки. Тепло гідравлічні характеристики	6	-	12

	активної зони. Спекти нейтронів у вихідних каналах. Проблеми безпеки. Застосування установки. Підкритичні системи, що керуються прискорювачами: установка VENUS-1. Фізична схема установки. Склад активної зони та внутрішньо корпусні пристрої. Основні робочі параметри. Тепловиділяючі збірки. Тепло гідравлічні характеристики активної зони. Спекти нейтронів у вихідних каналах. Проблеми безпеки. Застосування установки.			
6	Поводження з відпрацьованим ядерним паливом: сухі сховища на ЗАЕС, США, Канаді. Вимоги до сховищ. Вимоги до контейнерів. Особливості завантаження відпрацьованих збірок та умови їх зберігання. Концептуальні проекти поведження з ядерним паливом у майбутньому.	4	-	8
7	Особливості створення та розбудови ядерної енергетики на основі торієвого паливного циклу на прикладі Індії.	2	-	4
8	Програма реакторів четвертого покоління Gen IV.	2	-	4
9	Основні проблеми розвитку ядерної енергетики. "Старі" та "нові проблеми" розвитку. Шляхи подолання проблем розвитку ядерної енергетики.	2	-	4
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>60</b>

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

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття - **0 год.**

Тренінги - **0 год.**

Консультації – **0 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА<sup>1</sup>:

**Основна:** (Базова)

1. И.А. Кузнецов “Аварийные и переходные процессы в быстрых реакторах”. М.: Энергоатомиздат, 1987.- 176 с.
2. Dan Gabriel Cacuci (Ed.) Handbook of Nuclear Engineering. Vol.4. Springer, 2010, pp.2187-2700.
3. T.B.Cochran etc. Fast Breeder Reactor Programs^History and Status. International Panel of Fissile Materials. 2010, 128 p.
4. Status of Innovative Fast Reactor Designs and Concepts. IAEA, October 2013, 70 p.
5. Accelerator Driven Systems: Energy Generation and transmutation of Nuclear Waste. IAEA-TECDOC-985, 1997, 495 p.
6. Accelerator-driven Systems (ADS) and Fast Reactors (FR) in Advanced Nuclear Fuel Cycles. NEA-OECD Report, 2002, 350 p.

*Додаткова:*

7. R. A. Knief. Nuclear Engineering: Theory and Technology of Commercial Nuclear Power. Taylor&Francis, 1992, 772 p.
8. J.K. Shultis, R.E.Faw. Fundamentals of Nuclear Science and Engineering. Marcel Dekker, Inc., 2002, 518 p.
9. “Атомная техника за рубежом”- періодичне видання.
10. Y.Kadi, J.Revol. Design of an Accelerator-Driven System for the Destruction of Nuclear Waste. CERN, Geneva, 2002, 55 p.
11. S. Henderson. Accelerator Driven System: Targer Requirements R&D. FermiLab, 2012, 56 slides.

*В тому числі й Інтернет ресурси:*

12. <http://myrrha.sckcen.be/en/Engineering>
13. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/wene.82/abstract>
14. [\\_www.oecd-neo.org/](http://www.oecd-neo.org/)
15. [www.energoatom.kiev.ua/](http://www.energoatom.kiev.ua/)
16. [www.snrc.gov.ua/](http://www.snrc.gov.ua/)
17. [www.iaea.org/](http://www.iaea.org/)