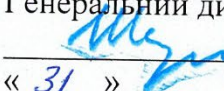


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

 Микола ШУЛЬГА

« 31 »

2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
Методи обробки даних в ядерній фізиці
Назва навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Доктор філософії
галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	104 фізика та астрономія
освітня програма	освітньо-професійна програма «Фізика та астрономія»
спеціалізація	
вид дисципліни	Дисципліна за вільним вибором аспіранта
Інститут	Інститут ядерної фізики і фізики високих енергій ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут»

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження
Науково-технічною радою ННЦ ХФТІ

Від "20" 10 2023 року, протокол № 9

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник,
Сергій АФАНАСЬЄВ

Програму схвалено на засіданні Вченої ради Інституту ядерної фізики і
фізики високих енергій ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут»

від «11» 05 2023 року, протокол № 7

директор Інституту ядерної фізики і фізики високих енергій ННЦ
«Харківський фізико-технічний інститут»

(підпис)

Григорій КОВАЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми
«Фізика та астрономія»

назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми «Фізика та астрономія»

(підпис)

Віктор ТКАЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

Вступ

Програму навчальної дисципліни «**Методи обробки даних в ядерній фізиці**» складено відповідно до третього освітньо-наукового рівня (PhD) і вона є частиною професійної підготовки ННЦ ХФТІ за вільним вибором аспірантів за напрямом 10 Природничі науки, за спеціальністю – 104 фізика і астрономія, яка викладається протягом третього року навчання.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є надання аспірантам сучасних уявлень про експериментальне дослідження параметрів і характеристик ядерної фізики, методи обробки й оцінки похибки вимірювань параметрів даних у ядерній фізиці та основні алгоритми для розв'язання задач за цими розділами. Ядерна фізика є базовою природничою дисципліною в професійній освіті фахівця у нових галузях фізики, без знання якої є неможливим свідоме, якісне засвоєння знань із теоретико-фізичних та спеціальних дисциплін, які становлять основу освіти майбутнього спеціаліста у галузі медичної фізики, нанофізики, ядерної фізики, фізики плазми, фізичного матеріалознавства та наукоємних фізичних технологій. Дисципліна «**Методи обробки даних в ядерній фізиці**» є необхідною складовою підготовки фахівців в галузі природничих наук, вона містить матеріал, засвоєння якого є умовою для подальшого науково-технічного розвитку спеціалістів в широкому діапазоні фізичних дисциплін. Особливістю курсу є систематичне вивчення конкретних різноманітних процесів ядерної фізики з детальним практичним поясненням методів обробки даних.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями дисципліни «**Методи обробки даних в ядерній фізиці**» є:

1. забезпечення успішного засвоєння експериментальних основ ядерної фізики - аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій;
 - ✓ оволодіння методами розв'язування задач зі знаходження характеристик указаних частинок та дослідження процесів, що протікають при взаємодії різних пробних частинок з ядрами;
 - ✓ засвоєння методів експериментального дослідження характеристик ядер і набуття відповідних експериментальних навичок;
 - ✓ формування загальної та предметної компетентності в галузі ядерної фізики;
 - ✓ формування здатності самостійно засвоювати наукові знання;
 - ✓ надати базові знання з фізики ядер, які необхідні для розуміння, дослідження, пояснення та передбачення в галузі сучасної фізики. На прикладі конкретних експериментальних даних наводяться принципи і алгоритми отримання фізичної інформації.

Формування інтегральних компетентностей - здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми науково-дослідницької та інноваційної діяльності у сфері фізики, застосовувати методологію науково-дослідницької та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності, які мають бути засвоєні в результаті вивчення дисципліни «**Методи обробки даних в ядерній фізиці**»:

- здатність генерувати нові ідеї (ЗК01),
- здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності (ЗК03).

Спеціальні (фахові) компетентності, які мають бути засвоєні в результаті вивчення дисципліни «**Методи обробки даних в ядерній фізиці**»:

- здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (СК01),
- здатність відстежувати тенденції розвитку фізики та/або астрономії, їх прикладних застосувань, критично переосмислювати наявні знання та методи фундаментальних та прикладних наукових досліджень (СК02),
- здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії (СК06),
- Здатність використовувати методи аналітичної обробки результатів дослідження та математичного моделювання (СК34),
- Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем (СК35),
- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем (СК36).

1.3. Кількість кредитів ECTS - 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни:

Опис навчальної дисципліни «Фізика поділу ядер та радіоактивність»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	
Галузь знань	10 – Природничі науки
напрямок підготовки	

спеціальність	104 – фізика та астрономія
освітньо-кваліфікаційний рівень	Доктор філософії
Мова навчання	Українська
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	Вільний вибір аспіранта
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	3
Форма контролю	залік
Показники навчальної дисципліни	
Рік підготовки	III
Лекційні заняття	28
Самостійна робота	90
Індивідуальна робота	2

1.6. Заплановані результати навчання

Заплановані результати навчання полягають у тому, що внаслідок опанування курсу «**Методи обробки даних в ядерній фізиці**» аспіранти мають засвоїти: принципові теоретичні основи структури ядер в рамках класичної фізики, доповненої елементами квантової фізики, необхідними для розуміння їх структури та використання цих знань в практичних цілях; основні методи розв'язування задач з основ структури ядер з використанням диференціального та інтегрального числення, теорії диференціальних рівнянь, лінійної алгебри, векторного та тензорного аналізу; основні методи експериментального дослідження характеристик ядер; загальні та предметні компетентності у галузі фізики поділу ядер, ядерних реакцій та радіоактивності.

Згідно з освітньо-професійною програмою «Фізика та астрономія» зі спеціальність 104 Фізика та астрономія аспіранти мають досягти таких результатів навчання:

- Уміти використовувати загальнонаукові компетентності для формулювання і перевірки наукової гіпотези; для обґрунтування висновків, обираючи для цього належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані. **(РН 3)**,
- Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи. **(РН 6)**,
- Знати методи статистичної обробки експериментальних даних; технологію застосування статистичних методів для аналізу результатів експерименту. Уміти використовувати методи статистичної обробки та аналізу даних; використовувати сучасні пакети прикладних програм для обробки експериментальних даних. **(РН 29)**.

Контроль знань аспіранта здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Змістовий модуль 1 включає теми 1-4, змістовий модуль 2 теми 5-8, змістовий модуль 3 – теми 9-10.

2. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни «Методи обробки даних в ядерній фізиці»

Модуль 1. Математичний апарат для аналізу даних.

ТЕМА 1 (2 год.). Вступ. Методи та засоби експериментальних досліджень. Класифікація, типи і завдання експерименту. Методологія експерименту. Методи накопичення і обробки експериментальної інформації.

ТЕМА 2 (2 год.). Основні поняття про вимірювання. Статистичні характеристики результатів вимірювання. Інструментальні похибки. Похибки засобів вимірювальної техніки. Абсолютна і відносна похибка. Класифікація систематичних похибок.

ТЕМА 3 (4 год.). Огляд програмного забезпечення для виконання аналізу, обробки і представлення експериментальних даних. Мова програмування Python як найкращий сучасний спосіб обробки наукового матеріалу. Створення графічних додатків для аналізу експериментальних даних. Короткий огляд модулів NumPy, SciPy, Pandas і Matplotlib з практичними прикладами.

ТЕМА 4 (2 год.). Обробка результатів експерименту. Перевірка наявності зв'язку між вимірюваними показниками. Статистичні характеристики результатів вимірювання. Про методи найменших квадратів (МНК). Екстремум функцій багатьох змінних. Визначення положень і площ піків та оцінка похибок у їх визначенні –функції Гауса і Брейт-Вігнера.

Модуль 2. Обробка даних з детекторів - трекові детектори і детектори-лічильники.

ТЕМА 5 (4 год.). Дифузійна камера в магнітному полі як приклад трекового 4 π -детектора. Фотоядерні реакції на ядрах s- і p-оболонки. Механізм утворення треків і методи отримання фільмової інформації. Методика реконструкції треків і відновлення інформації про події фотоядерних реакцій.

ТЕМА 6 (2 год.). Моделювання ядерних реакцій. Інерціальні системи відліку – лабораторна, центру мас, збудженої частинки. Кінематичний розрахунок багаточастинкових реакцій в припущенні утворення проміжного збудженого ядра. Парціальні канали різних рівнів збуджених ядер, їх відносний вихід і вплив на загальні результати.

ТЕМА 7 (4 год.). Процес отримання фізичної інформації на прикладі реакції $^{12}\text{C}(\gamma, 3\alpha)$ і $^{16}\text{O}(\gamma, 4\alpha)$. Повні, диференціальні і парціальні перерізи реакцій. Отримання інформації про механізм взаємодії гама-квантів з ядрами і етапів розпаду ядер.

ТЕМА 8 (4 год.). Методи отримання інформації за допомогою детекторів-лічильників. Рентгенофлюоресцентний аналіз, мас-спектрометрія і гама-спектрометри. Практичні приклади обробки гама-спектрів. Локалізація

пиків повного поглинання, знаходження їх площ та енергій відповідних гамаліній для подальшої ідентифікації та розрахунку активностей радіонуклідів.

Модуль 3. Практичні приклади.

ТЕМА 9 (2 год.). З використанням цифрової методики отримати дані з реакцій (γ , np) на ядрах ^{12}C , ^{14}N та ^{16}O .

ТЕМА 10 (2 год.). Обробка даних з мас-спектрометра і отримання інформації про елементний і ізотопний склади матеріалу.

3. Структура навчальної дисципліни «Фізика поділу ядер та радіоактивність»

3.1. Лекції і практичні заняття – 28 години

3.2. Самостійної робота - розрахунково-графічна робота на одну з тем - 90 години.

3.3. Індивідуальна робота – доповідь і обговорення матеріалу розрахунково-графічної роботи (2 години).

4. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання, практичні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод, створення презентації виконаної роботи і індивідуальна доповідь.

4.1. Теми до самостійної роботи

1. Для виборки значень отримати основну статистичну інформацію (середнє значення, похибку). Приклад виборки надається викладачем.

2. Порівняти два уранових зразка на подібність структури за допомогою r -value. Приклади зразків та значення їх відносних вкладів надається викладачем.

3. Для експериментального розподілу значень виконати фітування декількома функціями і отримати висновки найкращу функцію для опису цього розподілу. Розподіл значень надається викладачем.

4. В рамках дослідження багаточастинкової реакції визначити загальний енергетичний поріг реакції і можливі парціальні пороги при послідовному розпаді з утворенням проміжних ядер. Приклад реакції надається викладачем.

5. Визначити площу та енергію ліній гамма-спектру. Графічний вид та чисельні значення спектру надається викладачем.

4.2. Запитання для самоперевірки

1. Які основні характеристики атомних ядер і які методи вимірювання цих характеристик?
2. В чому різниця між відносною та абсолютною похибками експерименту? В яких випадках неможливо оцінити абсолютну похибку?
3. Які масштаби фізичних величин у ядерній фізиці (на прикладі енергій, перерізів, частинок)?
4. Яку інформацію дають статистичні характеристики результатів вимірювання?
5. Які є методи та засоби експериментальних досліджень в області ядерної фізики (трекові детектори та детектори-лічильники)?
6. Які рівняння описують закони збереження в ядерних реакціях?
7. Як визначають положення і площу піків, яка оцінка похибок у їх визначенні (приклади програмного забезпечення для виконання аналізу, обробки і представлення експериментальних даних)?
8. Як визначається кінематика оядерних реакцій в процесі послідовного двочастинкового розпаду?
9. Що таке радіоактивність і які класифікації радіоактивності бувають? Що таке закон радіоактивного розпаду?
10. Що таке метод найменших квадратів і яку інформацію він дозволяє отримати?

5. Методи контролю

Оцінка підсумкового контролю виставляється за дворівневою шкалою оцінювання (залік) – оцінки «зараховано», «не зараховано».

Запитання до заліку

1. Методологія експериментальних досліджень - класифікація, типи і завдання експерименту.
2. Трекові детектори. Механізм утворення треків, методика реконструкції треків і відновлення інформації про події фотоядерних реакцій.
3. Загальні відомості про статистичні характеристики результатів вимірювання.
4. Масштаб енергій, відстаней та часу в ядерній фізиці.
5. Обробка гама-спектрів - локалізація піків повного поглинання, знаходження їх площ та енергій відповідних гама-ліній.
6. Погрішності вимірювань. Систематичні і випадкові погрішності. Погрішності прямих та непрямих вимірювань.
7. Мас-спектрометрія як метод ідентифікації речовин.
8. Багаточастинкові фотоядерні реакції. Парціальні канали утворення проміжних ядер.
9. Обробка результатів фізичних вимірювань. Метод найменших квадратів.

10. Методи отримання інформації про елементний і ізотопний склади матеріалу.
11. Імовірно-статистичні методи обробки експериментальних даних.

6. Схема нарахування балів

Матеріал курсу «Методи обробки даних в ядерній фізиці» згідно навчальної програми містить 10 тем. Темі розподілені по модулях відповідно: I модуль – 4 теми (від 1 до 4), II модуль – 4 теми (від 5 до 8), III модуль – 2 теми (від 9 до 10). Оцінка роботи здобувачів проводиться за модульно-рейтинговою системою і включає такі види роботи над курсом: практичні роботи, засвоєння теоретичного матеріалу та домашні завдання.

Критерії оцінювання виконання завдань контрольної і залікової робіт:

1. Контрольна робота складається з 3 завдань і загальна оцінка виконання роботи є єдиною оцінкою за виконання всіх завдань роботи. Максимальне значення отриманих балів – за 1^й і 2^й модулі – 10, а за 3^й модуль – 20. Оцінка за модуль складається з оцінки за поточний контроль засвоєння теоретичного матеріалу і за самостійну роботу. За ці види робіт здобувач може набрати 40 балів.

2. Для допуску до підсумкового залікового контролю здобувач в сумі за три модулі має набрати не менше 20-ти балів з 40-ти можливих, тобто не менше 50% від максимально можливого.

3. Залікова робота складається з 3 завдань, кожне завдання оцінюється за 20 бальною шкалою.

На заліку здобувач може отримати від 30 (не менше 50% від максимально можливого) до 60 балів. Між 0 та 30 балами оцінка не виставляється, залік вважається не зданим.

Критерії оцінювання питань до заліку

Заліковий білет (контрольна робота) містить кілька завдань (теоретичні питання або задачі). Кожне завдання має свій ваговий бал (вказується у дужках біля питання) та оцінюється окремо. Сумарно за всі відповіді на залікові питання можна отримати максимально 60 балів. Сумарний бал за контрольну роботу вказується в тексті відповідної роботи.

№	Характеристика відповіді на кожне з питань	% від max балу за відповідь на питання
1	Повна та вірна відповідь на питання або у повному обсязі правильно вирішена практична задача білету	100 %
2	Повна відповідь з незначними помилками (або незначні помилки у розрахунках практичних завдань за наявності вірної розрахункової формули)	80-95 %

3	Неповна, але вірна відповідь (або значні помилки у розрахунках практичних завдань за наявності вірної розрахункової формули для розв'язання практичних завдань)	50-80 %
4	Відповідь повна, але містить грубі помилки (або вирішення практичних завдань білету містить грубі помилки, розрахункові формули для розв'язання практичних завдань містять помилки)	30-50 %
5	Неповна відповідь з суттєвими помилками	5-30 %
6	Невірна відповідь	0-5 %
7	Відсутня відповідь на теоретичне питання (або відсутнє вирішення практичних завдань білету)	0 %

4. Підсумкове оцінювання визначається сумою балів. Бали, отримані на заліку (30-60), додаються до балів, одержаних у семестрі (20-40 балів). За цією сумою згідно таблиці шкали оцінювання виставляється підсумкова оцінка до залікової книжки.

Підсумкове оцінювання

	Модулі за курсом			Залік	Разом
	M1	M2	M3		
Максимальне значення	10	10	20	60	100

7. Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

8. Рекомендована література

Основна література

1. Шуста В.С., Гомоннай О.О., Сливка О.Г., Гомоннай О.В. Основи статистичної обробки результатів вимірювань. Методичні вказівки. - Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла". 2020. - 45 с.
2. Скіцько І.Ф., Скіцько О.І. Обробка результатів фізичних вимірювань. Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. - 88 с.
3. Параска Г.Б., Прибега Д.В., Майдан П.С. Методи та засоби експериментальних досліджень. - Навчальний посібник з курсів „Методологія і організація наукових досліджень” та „Методи та засоби експериментальних

досліджень”. - Київ: Видавництво «Кондор», 2007.- 138 с.

4. Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин. - Підручник. – Львів: Львівська політехніка. 2000. –360 с.

5. Об'єктно-орієнтоване програмування мовою PYTHON: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Д. Д. Татарчук, Ю. В. Діденко. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. – 129 с.

6. Ніцук Ю.А. Ядерна фізика: Навч. посібник.- Одеса: Видавництво ОДУ, 2008.- 168 с.

7. Булавін Л.А., Тартаковський В.К. Ядерна фізика. – Київ: Знання. 2005. – 480 с.

8. Ахієзер О.Л. Бережной Ю.А. Теорія ядерних реакцій – Харків: Основа, 2001.

9. Ситенко О.Г., Тартаковський В.К. Теорія ядра: Навч. посібник – Київ: Либідь, 2000 – 608 с.

10. Ахієзер О.І., Бережной Ю.А. Теорія ядра. Київ: Вища школа, 1995. 255с.

11. Passive Nondestructive Assay of Nuclear Materials / Edited by D.Reilly, N.Ensslin, H.Smith, Jr. and S.Kreiner, 1991, NUREG/CR-5550.

12. Парлаг О.М., Парлаг О.О., Плекан Р.М. Детектори ядерних випромінювань (спецлабораторія): Навчально-методичний посібник. - Ужгород: В-цтво УжНУ «Говерла», 2013. – 102 с.

Додаткова література

1. Плюйко В.А. Основи теорії ядра та ядерних процесів. Ядерні процеси: Навч. посібник. – Київ: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2003. – 160 с.

2. Чкалова О.Н. Основи наукових досліджень. – Київ: Вища школа, 1978. – 18 с.

3. Кучерук І.М., Дущенко В.П., Андрианов В.М. Обробка результатів фізичних вимірювань. – Київ: Вища школа, 1981 – 216 с.

Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <https://sites.google.com/site/fizikaelepid/atomna-i-aderna-fizika>
2. <https://www.accessscience.com/content/article/a569000>
3. <http://www.lbl.gov/abc/Contents.html#experiment>
4. <https://arxiv.org/>
5. <http://scienceworld.wolfram.com/physics>
6. <https://www.webelements.com/>