

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор навчально-наукового інституту

«Фізико-технічний факультет»

(вказати назву структурного підрозділу)

Кузнєцов П.Е.

(вказати І.П.Б керівника)

“ 28 серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи ядерно-фізичних вимірювань

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти	1 рівень (бакалаврський)
галузь знань	10 «Природничі науки»
спеціальність	105 «Прикладна фізика та наноматеріали»
освітня програма спеціалізація	Прикладна фізика
вид дисципліни	за вибором
факультет	ННІ «Фізико-технічний факультет»

2023/2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою Навчально наукового інституту «Фізико-технічний факультет»

“25” серпня 2023 року, протокол № 8

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)
Щусь Олександр Пилипович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики ядра та високих енергій імені О. І. Ахієзера

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера
Протокол від “16” червня 2023 року № 10

Завідувач кафедри фізики ядра та високих енергій імені О.І. Ахієзера

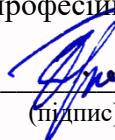


(підпис)

Микола ШУЛЬГА
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми Прикладна фізика
(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми



(підпис)

Ігор ГІРКА
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»
(назва факультету, для здобувачів вищої освіти якого викладається навчальна дисципліна)

Протокол від “14” серпня 2023 року № 11

Голова науково-методичної комісії ННІ «Фізико-технічний факультет»



(підпис)

Микола ЮНАКОВ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програму навчальної дисципліни «Методи ядерно-фізичних вимірювань» складено відповідно до освітньої освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки фахівців першого рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – природничі науки; спеціальність: 105 – прикладна фізика та наноматеріали; освітня програма: прикладна фізика. При розробці Програми враховані вимоги Стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого наказом МОН України № 804 від 16.06.2020 р.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни.

Метою викладання навчальної дисципліни є фахова підготовка здобувачів вищої освіти в сфері експериментальної ядерної фізики, набуття навиків практичного застосування детекторів іонізуючого випромінювання в сучасному ядерно-фізичному експерименті. Предметом вивчення дисципліни є фізичні основи реєстрації іонізуючого випромінювання будова та характеристики детекторів заряджених частинок, гама-квантів та нейтронів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни полягають у тому, аби допомогти студентам засвоїти призначення, принципи дії, області використання, будову та характеристики детекторів заряджених частинок, гама-квантів та нейтронів; сформувати у студентів загальну та предметну компетентність.

Загальні компетентності, які мають бути засвоєні:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК-2)
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК-5);
- здатність до проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК-6);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК-7);
- здатність працювати автономно (ЗК-9).

Фахові компетентності, які мають бути засвоєні:

- здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів (СК-1);
- здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок (СК-4);
- здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (СК-5);
- здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем (СК-6);
- здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності (СК-7);
- здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах (СК-8);
- здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних задач і моделювання фізичних систем (СК-10);

- розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю; усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних досліджень (СК-11).

1.3. Кількість кредитів: 3

1.4. Загальна кількість годин: 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Обов'язкова / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
4-й	-й
Семестр	
8-й	-й
Лекції	
42 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
48 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
8 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

- Згідно з освітньо-професійною програмою «Прикладна фізика» спеціальність 105 – «прикладна фізика та наноматеріали» студенти мають досягти таких результатів навчання:
- демонструвати знання та розуміння наукових і математичних принципів, необхідних для розв'язування інженерних задач та виконання досліджень у галузі теоретичної та прикладної фізики, ядерної та термоядерної енергетики, тощо (Зн-1);
 - демонструвати знання сучасного стану справ, тенденції розвитку, найбільш важливі розробки та новітні технології в галузі теоретичної та прикладної фізики, ядерної та термоядерної енергетики, тощо (Зн-2);
 - демонструвати поглиблені знання у вибраній спеціалізації (Зн-3);
 - вибирати методи та моделювати явища та процеси в динамічних системах, а також аналізувати здобуті результати (Ум-1);
 - самостійно планувати та виконувати експерименти, оцінювати здобуті результати (Ум-2);
 - застосовувати інформаційно-комунікаційні технології та навички програмування для розв'язання типових інженерних завдань (Ум-3);

- самостійно виконувати експериментальні дослідження та застосовувати дослідницькі навички за професійною тематикою (Ум-8);
 - критично проаналізувати основні показники функціонування системи та оцінити використані технічні рішення та обладнання (Ум-9);
 - застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти, під час розв'язання інженерних задач обраної спеціалізації та проведення досліджень (Ум-10);
 - аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованої задачі, критично оцінювати здобуті результати та захищати прийняті рішення (Ум-11).
 - уміти представляти та обговорювати здобуті результати та здійснювати трансфер набутих знань (Ком-2).
 - бути здатним усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань (АіВ-2).
- Для цього студенти мають досягти наступних результатів.
- знати:** призначення, будову, принципи дії, області використання та характеристики детекторів заряджених частинок, гама-квантів та нейтронів;
- вміти:** правильно вибрати тип і спосіб підключення детектора для вирішення тієї чи іншої задачі в рамках конкретного експерименту

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Детектори іонізуючого випромінювання (загальні відомості)

Тема 1. Загальні характеристики іонізуючих випромінювань

Типи іонізуючих випромінювань: альфа-випромінювання, бета-випромінювання, характеристичне рентгенівське випромінювання, рентгенівське випромінювання, гама-випромінювання. Джерела іонізуючих випромінювань.

Тема 2. Загальні характеристики детекторів іонізуючих випромінювань

Різні типи детекторів іонізуючих випромінювань. Лінійний вихід. Характеристики лічильників. Характеристики пропорційних детекторів. Багатодетекторні системи.

Тема 3. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною.

Втрати енергії частинки при проходженні крізь речовину. Взаємодія гама-випромінювання з речовиною. Взаємодія нейтронів з речовиною.

Тема 4. Перетворювання енергії іонізуючого випромінювання в речовині.

Загальна схема процесів перетворювання та переносу енергії в треку зарядженої частинки. Термалізація електронів. Кількість зіткнень до термалізації. Довжина вільного пробігу. Радіус сфери захвату. Захват носіїв заряду. Захват електронів нейтральною домішкою в газі. Особливості захвату носіїв заряду в напівпровідниках. Рекомбінація носіїв заряду. Лінійна рекомбінація. Квадратична рекомбінація. Особливості рекомбінації носіїв заряду в напівпровідниках.

Розділ 2. Іонізаційний та сцинтиляційний методи детектування

Тема 5. Іонізаційний метод детектування

Рух носіїв заряду в електричному полі. Швидкість дрейфу та рухливість. Наведений (індукований) струм. Газонаповнена іонізаційна камера. Утворення імпульсу напруги. Пропорційний детектор. Детектор з плоскими електродами. Циліндричний детектор.

Лічильники Гейгера-Мюллера. Несамогасний лічильник. Самогасний лічильник. Напівпровідникові детектори. Детектори з р-п-переходом. р- і п-структура.

Тема 6. Сцинтиляційний метод детектування

Принцип роботи сцинтиляційного детектора. Основні характеристики сцинтиляторів. Типи сцинтиляторів. Форма сцинтиляційного імпульсу. Спектр випромінювання. Характеристики сцинтиляційних детекторів.

Розділ 3. Черенковські детектори. Детектори перехідного випромінювання. Трекові детектори. Багатодетекторні системи

Тема 7. Методи, засновані на реєстрації випромінювання Вавілова-Черенкова та перехідного випромінювання. Випромінювання Вавілова-Черенкова. Детектори випромінювання Вавілова-Черенкова. Перехідне випромінювання. Детектори перехідного випромінювання.

Тема 8. Трекові детектори заряджених частинок

Камера Вільсона. Принцип дії. Дифузійна та конвекційна камери. Бульбашкова камера. Стримерна камера. Конструктивні особливості стримерної камери Ядерні емульсії. Фотографічний метод реєстрації. Діелектричні трекові детектори. Механізм утворення треку. Характеристики детекторів

Тема 9. Багатодетекторні системи.

Телескопи і гороскопи. Дротяна іскрова камера. Пропорційні дротяні камери. Дрейфові камери. Використання багатодетекторних систем

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Детектори іонізуючого випромінювання (загальні відомості)						
Тема 1. Загальні характеристики іонізуючих випромінювань	4	2				2
Тема 2. Загальні характеристики детекторів іонізуючих випромінювань	8	4				4
Тема 3. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною	8	4				4
Тема 4. Перетворювання енергії іонізуючого випромінювання в речовині	5	2				3
Разом за розділом 1	25	12				13
Розділ 2. Іонізаційний та сцинтиляційний методи детектування						
Тема 5. Іонізаційний метод детектування	24	12			4	12
Тема 6. Сцинтиляційний метод детектування	18	8			4	10
Разом за розділом 2	42	20			8	22
Розділ 3. Черенковські детектори. Детектори перехідного випромінювання. Трекові детектори. Багатодетекторні системи						

Тема 7. Методи, засновані на реєстрації випромінювання Вавілова-Черенкова та перехідного випромінювання	9	4				5
Тема 8. Трекові детектори заряджених частинок	9	4				5
Тема 9. Багатодетекторні системи	5	2				3
Разом за розділом 3	23	10				13
Усього годин	90	42				48

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

Не передбачено

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
Розділ 1. Детектори іонізуючого випромінювання (загальні відомості)			
1	Тема 1. Загальні характеристики іонізуючих випромінювань	2	Контрольна робота № 1
2	Тема 2. Загальні характеристики детекторів іонізуючих випромінювань	4	
3	Тема 3. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною	4	
4	Тема 4. Перетворювання енергії іонізуючого випромінювання в речовині	3	
	Разом за розділом 1	13	
Розділ 2. Іонізаційний та сцинтиляційний методи детектування			
5	Тема 5. Іонізаційний метод детектування	12	Курсова робота
6	Тема 6. Сцинтиляційний метод детектування	10	
	Разом за розділом 2	22	
Розділ 3. Черенковські детектори. Детектори перехідного випромінювання. Трекові детектори. Багатодетекторні системи			
7	Тема 7. Методи, засновані на реєстрації випромінювання Вавілова-Черенкова та перехідного випромінювання	5	Контрольна робота № 2
8	Тема 8. Трекові детектори заряджених частинок	5	
9	Тема 9. Багатодетекторні системи	3	
	Разом за розділом 3	13	
	Разом	48	

6. Індивідуальні завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання – курсова робота (8 годин самостійної)

роботи). Оцінка - до 20 балів

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання, практичні методи навчання. Головними словесними методами навчання є пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

8. Методи контролю

Навчальним планом передбачені наступні методи контролю:

- поточного контролю під час проведення занять;
- проведення 2-х контрольних робіт, що проводяться протягом семестру;
- підсумковий семестровий контроль – залік у письмовій формі.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Залік	Сума
Контрольна робота №1	Контрольна робота №2	Курсова робота	Разом		
20	20	20	60	40	100

Розрахунок балів за виконання курсової роботи

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
5	5	10	20

Критерії оцінювання навчальних досягнень

Критерії оцінювання **контрольної роботи**.

Кожна контрольна робота містить одне теоретичних питання та дві задачі. Максимальна кількість балів за контрольну роботу - 20 балів.

Критерії оцінювання **теоретичних питань**:

- повна розгорнута відповідь - 10 бал.;
- повна, але не розгорнута відповідь - 8 бал.;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей - 6 бал.;
- неповна відповідь, яка містить помилки чи суперечності – 4 бал.;

– відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Критерії оцінювання розв'язання задачі:

– студент отримав загальний розв'язок і правильно вирахував числове значення відповіді - 10 бал.;

– студент отримав загальний розв'язок і неправильно вирахував числове значення відповіді – 8 бал.;

– студент отримав загальний розв'язок, але помилився в одиницях вимірювання - 6 бал.;

– студент правильно вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння, але не зміг отримати загальний розв'язок - 4 бал.;

– студент не повністю вписав необхідні для розв'язання закони та рівняння - 2 бал.;

– студент не правильно вписав необхідні для розв'язку закони та рівняння, чи розв'язок взагалі відсутній – 0 балів.

Критерії оцінювання підсумкового контролю знань. Підсумковий контроль знань проводиться у вигляді письмового заліку з навчальної дисципліни. Кожен білет має два теоретичних питання вичерпна відповідь на кожне з них зараховується як 10 балів та задачу з оцінкою до 20 балів. Часткова відповідь на кожне питання/задачу знижує максимальну оцінку до меншої кількості балів пропорційно тому, яку частину від повної відповіді містить письмова робота студента.

Для допуску до складання підсумкового контролю (екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 15 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	зараховано
70-89	
50-69	
1-49	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. K. Kleinknecht, Detectors for Particle Radiation, Cambridge University Press, Cambridge (1998).
2. G.F. Knoll, Radiation Detection and Measurement, 3rd edition, John Wiley & Sons, New York (1999).
3. D.R. Green, The Physics of Particle Detectors, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology, Cambridge University Press, Cambridge (2000).

4. C. Leroy and P.-G. Rancoita, Principles of Radiation Interaction in Matter and Detection, World Scientific, Singapore (2004).
5. C. Grupen, Particle Detectors, Cambridge Monographs on Particle Physics, Nuclear Physics and Cosmology, Cambridge University Press (2008)

Допоміжна література

1. Шматко Є.С., Гірка І.О., Карташов В.М. Проходження іонізуючих випромінювань крізь речовину. Навчальний посібник. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2013. – 132 с.
2. Скіцько І.Ф., Скіцько О.І. Обробка результатів фізичних вимірювань. Навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 88 с.
3. Парлаг О.М., Парлаг О.О., Плекан Р.М. Детектори ядерних випромінювань (спецлабораторія): Навчально-методичний посібник. – Ужгород: В-цтво УжНУ «Говерла», 2013. – 102 с

11. Інформаційні ресурси

1. Веб-ресурси кафедри, мережа інтернет.
2. Бібліотека ХНУ імені В.Н. Каразіна.