

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

Микола ШУЛЬГА

« 30 »

2022 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

**Дозиметрія випромінювань. Основи безпеки ядерної енергетики та
джерел іонізуючого випромінювання**

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

за вибором аспіранта

Інститут

Інститут фізики високих енергій та ядерної
фізики ННЦ «Харківський фізико-технічний
інститут»

Програму рекомендовано до затвердження
Науково-технічною радою ННЦ ХФТІ

Від "29" 11 2022 року, протокол № 6

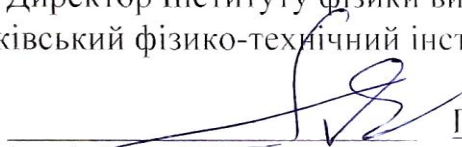
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

к.ф.-м.н., ст. н. співр. Юрій КАЗАРІНОВ

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

від "03" 08 2022 року, протокол № 3

Директор Інституту фізики високих енергій та ядерної фізики 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

Дисципліна «Дозиметрія випромінювань. Основи безпеки ядерної енергетики та джерел іонізуючого випромінювання» є частиною професійної підготовки аспірантів за вибором ННЦ ХФТІ за напрямом 10 Природничі науки, за спеціальністю – 104 фізика і астрономія, яка викладається протягом третього року навчання.

Опис навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння аспірантами знань з фізичних методів реєстрації та вимірювання потоків іонізуючого випромінювання, основних положень норм радіаційної безпеки (НРБУ-97/Д-2000), методів розрахунків полів випромінювання та дозиметричних величин для різних видів випромінювань для використання отриманих величин задля контролю радіаційної безпеки в різних умовах.

1.1 Основними завданнями вивчення дисципліни «Дозиметрія випромінювань. Основи безпеки ядерної енергетики та джерел іонізуючого випромінювання» є

(1) оволодіння знаннями, щодо фізичних методів реєстрації іонізуючого випромінювання ;

(2) отримання знань щодо практичної реалізації цих методів для реєстрації та вимірювання інтенсивності випромінювань в різних умовах;

(3) засвоєння основних положень норм радіаційної безпеки (НРБУ-97/Д-2000);

(4) засвоєння базових знань з устрою ізотопних джерел випромінювання та джерел на основі прискорювачів електронів та іонів та основних властивостей їх випромінювань;

(5) опанування методів розрахунків радіаційних полів та оцінки рівнів небезпеки для персоналу, населення та оточуючого середовища.

1.2.1. 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.

1.2.2 Формування наступних загальних компетентностей

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

1.2.3. Формування наступних спеціальних (фахових) компетентностей

СК01. 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.

СК02. Здатність відстежувати тенденції розвитку фізики та/або астрономії, їх прикладних застосувань, критично переосмислювати наявні знання та методи фундаментальних та прикладних наукових досліджень.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

1.3. Кількість кредитів – 4.

1.4. Загальна кількість годин – 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни:

Опис навчальної дисципліни «Деякі питання електродинаміки високих енергій у речовині та високопродуктивні обчислення у теоретичній фізиці»

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	За вибором аспіранта
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	2
Форма контролю	іспит
Показники навчальної дисципліни	
Рік підготовки	III
Лекційні заняття	42
Практичні заняття	8
Самостійна робота	68
Консультації	2

1.6 Передумови для вивчення дисципліни.

Знання аспірантами атомної, ядерної фізики і квантової механіки в межах стандартних університетських курсів. Розуміння основ електроніки та електротехніки.

1.7. Заплановані результати навчання

Під час вивчення дисципліни аспіранти набувають теоретичних знань та практичних навичок з таких питань: радіаційна безпека, джерела іонізуючого випромінювання, одиниці вимірювання випромінювань, фізичні методи реєстрації різних видів випромінювань, їх апаратна реалізація та застосування в промислових, медичних та лабораторних умовах.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі повинні:

РН01. Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики та/або астрономії та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань та/або здійснення розробок та інновацій.

РН04. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичних і експериментальних досліджень, математичного моделювання, комп'ютерного експерименту, а також наявні літературні дані.

РН05. Розробляти моделі процесів і систем у фізиці та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямках, використовувати їх у науково-дослідницькій діяльності для отримання нових знань та/або створення розробок та інноваційних продуктів.

Після вивчення курсу здобувач повинен знати:

- основи радіаційної безпеки згідно НРБУ;
- фізичні процеси реєстрації гама, бета та нейтронного випромінювання;
- принципи побудови приладів реєстрації на основі цих процесів;
- методи аналізу та побудови засобів захисту від різних видів випромінювань;
- пасивні та активні способи дотримання умов радіаційної безпеки при роботі з визначеним джерелом випромінювання;
- методики визначення радіаційної небезпеки джерела випромінювання;
- методи організації безпечного транспортування та поводження з радіоактивними джерелами випромінювання;
- конструкційні та запобіжні методи забезпечення радіаційної безпеки ядерних реакторів.

В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен вміти:

- вимірювати та розраховувати радіаційне навантаження на персонал, що працює в радіаційних умовах;
- обирати конструкцію та розраховувати параметри радіаційного захисту з дотриманням норм радіаційної безпеки;

- обирати прилади для вимірювання потоків іонізуючого випромінювання відповідно до умов;
- самостійно опановувати та використовувати літературу з питань взаємодії частинок високих енергій з речовиною.

Контроль знань аспіранта здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Змістовий модуль 1 включає теми 1–6, змістовий модуль 2 – теми 7–12.

2. ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Радіаційна безпека. Іонізуюче випромінювання: вимірювання та захист.

ТЕМА 1. Основні положення дозиметрії з НРБУ. (6 год.)

Одиниці вимірювань радіаційних величин. Граничні величини радіаційного навантаження персоналу. Медична дозиметрія. Промислова та лабораторно-експериментальна дозиметрія.

ТЕМА 2. Види випромінювань, властивості, фактори небезпеки для людини та довкілля. (8 год.) Випромінювання заряджених частинок: електрони, іони. Електронейтральне випромінювання: гама-кванти, нейтрони.

ТЕМА 3. Джерела випромінювань та властивості (8 год.) Радіоактивні матеріали. Рентгенівські джерела. Прискорювачі заряджених частинок. Гальмівне та синхротронне випромінювання. Космічні “промені”.

ТЕМА 4. Детектори випромінювань, фізичні принципи їх дії. Застосування. (16 год.) Іонізаційна камера. Газорозрядний лічильник та режими його роботи. Сцинтиляційні детектори. Напівпровідникові детектори. Люмінесцентні детектори. Детектори прямої візуалізації. Детектори накопичувальної дії (ТЛД, ОСЛД). Детектори, що використовують радіаційне забарвлення та знебарвлення речовин. Детектори «ударної дії» (нейтронні сцинтилятори). Ядерні (реакції захоплення нейтронів). Детектори з використанням Черенковського випромінювання. Калориметричні детектори.

ТЕМА 5. Дозиметри та їх особливості. (16 год.) Загальна схема дозиметра. Чутливість та динамічний діапазон. Спектрметри. Калібрування дозиметрів. Внутрішні та зовнішні джерела калібрування. Перехресний вплив різних видів випромінювання. Вимірювання імпульсних джерел випромінювання. Тривалість зберігання інформації та умови використання накопичувальних дозиметрів Критерії вибору дозиметричних приладів для різних завдань

ТЕМА 6. Захист від іонізуючого випромінювання. (16 год.) Рентгенівське випромінювання. Гамма-випромінювання. Електрони. Протони. Важкі іони. Нейтрони. Змішані випромінювання.

Модуль 2. Безпека ядерної енергетики.

ТЕМА 7. Історія ядерних реакторів (16 год.) Графітові реактори. Водяні реактори. Реактори на швидких нейтронах. “Мобільні” реактори: космічні, надводні судна, підводні човни.

ТЕМА 8. Сучасний стан ядерної енергетики. (16 год.) Реактори CANDU, ВВЕР, РБМК, РWR: особливості конструкції, паливе.

ТЕМА 9. Найвідоміші ядерні аварії: причини, наслідки, висновки. (16 год.) Трі-мейл айленд. Чорнобиль. Фукусіма.

ТЕМА 10. Безпекові заходи ядерної енергетики. (16 год.) Активні. Пасивні. Конструктивні. Системні.

ТЕМА 11. Основи ядерних паливних технологій та контролю ядерних матеріалів. Основи технологій виготовлення ядерного палива. Основи технологій поводження з ядерними відходами. Методи визначення складу ядерних матеріалів.

ТЕМА 12. Реактори перспективних конструкцій: вимоги до безпеки, особливості конструкцій та використання. (16 год.) Модульні ВТГР. Мікромодульні. Реактор на хвилі, що біжить.

Структура навчальної дисципліни

Назва лекції			
	Лекції	Практичні/семінарські заняття	Самостійна робота
Змістовний модуль 1. Радіаційна безпека. Іонізуюче випромінювання: вимірювання та захист.			
Тема 1. Основні положення дозиметрії з НРБУ.	2	0	6
ТЕМА 2. Види випромінювань, властивості, фактори небезпеки для людини та довкілля.	2	0	6
ТЕМА 3. Джерела випромінювань та властивості	4	0	6
ТЕМА 4. Детектори випромінювань, фізичні принципи їх дії. Застосування.	6	0	8

ТЕМА 5. Дозиметри та їх особливості.	4	4	8
ТЕМА 6. Захист від іонізуючого випромінювання	4	4	6
Разом за змістовний модуль 1	22	8	40
Змістовний модуль 2. Безпека ядерної енергетики.			
ТЕМА 7. Історія ядерних реакторів	4	0	6
ТЕМА 8. Сучасний стан ядерної енергетики.	4	0	6
ТЕМА 9. Найвідоміші ядерні аварії: причини, наслідки, висновки.	2	0	4
ТЕМА 10. Безпекові заходи ядерної енергетики.	2	0	4
ТЕМА 11. Основи ядерних паливних технологій та контролю ядерних матеріалів.	4	0	4
ТЕМА 12. Реактори перспективних конструкцій: вимоги до безпеки, особливості конструкцій та використання.	4	0	4
Разом за змістовний модуль 2	20	0	28
Всього	42	8	68

Загальний обсяг: 120 год., зокрема: лекцій – 42 год.; практичних/семінарів – 8 год., самостійної роботи – 68 год., консультацій – 2 год.

4. Тематичний план практичних та семінарських занять

№ з/п	Тема	Години
1	Вимірювання гамма випромінювання в природних умовах та навколо джерел випромінювання.	4

2	Розрахунок радіаційного захисту за вказаними умовами.	4
	Всього	8

5. Самостійна робота

№ з/п	Тема	Години
1	Самостійне опрацювання навчально-методичних посібників та вивчення матеріалу за темами змістовного модуля 1.	40
2	Самостійне опрацювання навчально-методичних посібників та вивчення матеріалу за темами змістовного модуля 2.	28
	Всього	68

Запитання до іспиту

1. Принципи радіаційної безпеки МАГАТЕ.
2. Види іонізуючого випромінювання. Класифікація джерел випромінювання. Дозиметричні одиниці вимірювання. Групи населення за дозовим навантаженням.
3. Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною. Технології реєстрації наслідків такої взаємодії.
4. Метрологічне забезпечення дозиметричних вимірювань для різних видів випромінювання.
5. Гамма та бета випромінювання. Методи та особливості вимірювання.
6. Захист від гамма та бета випромінювання.
7. Нейтронне та іонне випромінювання. Методи та особливості вимірювання.
8. Захист від нейтронного випромінювання.
9. Порогові енергії та перетворення іонізуючого випромінювання.
10. Особливості вимірювання параметрів імпульсних джерел випромінювання.
11. Змішані потоки випромінювання. Визначення характеристик: методи, способи та особливості.
12. Дозиметричний супровід експериментів з опромінення.
13. Спектрометрія випромінювань. Проблематика складних спектрів.
14. Поводження з радіоактивними матеріалами. Нормативи та засоби безпеки.
15. Радіаційні аварії. Класифікація радіаційних аварій. Фази радіаційних аварій.
16. Основи технології ядерного палива
17. Особливості технології ядерних відходів.

18. Дозиметрія і спектрометрія ядерних матеріалів. Принципи та методи визначення концентрацій ядерних матеріалів та їх ізотопного складу.
19. Загальні вимоги до забезпечення безпеки перевезення радіоактивних матеріалів.
20. Ядерні реактори ВВЕР. Особливості конструкції. Елементи ядерної безпеки ВВЕР.
21. Особливості реактора РБМК-1000. Чорнобильська аварія. Порушення ядерної безпеки, що спричинили аварію.
22. Перспективні енергетичні атомні реактори. Ядерна безпека. Запобігання ядерному тероризму.
23. Методи підвищення безпеки існуючих типів ядерних енергетичних реакторів.
24. Питання продовження терміну експлуатації атомних енергетичних реакторів в Україні.

6. Методи контролю

Поточний контроль проводиться у вигляді експрес-контролю та на основі оцінювання практичних робіт здобувачів під час проведення занять, а також самостійних робіт. Підсумковий контроль проводиться у вигляді іспиту.

7. Схема нарахування балів

Матеріал курсу «Деякі питання електродинаміки високих енергій у речовині та високопродуктивні обчислення у теоретичній фізиці» згідно з навчальною програмою містить 12 тем. Теми розподілені по модулях відповідно: I модуль – 6 тем (від 1 до 6), II модуль – 6 тем (від 7 до 12). Оцінка роботи здобувачів проводиться за модульно-рейтинговою системою і включає такі види роботи над курсом: практичні роботи, засвоєння теоретичного матеріалу та самостійні роботи.

Теми за курсом			Разом
Модуль 1	Модуль 2	Іспит	100
T1-T6	T7-T12		
35	25		

T1, T2 ... – теми розділів.

Оцінка за модуль складається з оцінки за практикум, поточний контроль засвоєння теоретичного матеріалу та виконання самостійних робіт. За ці види робіт здобувач може набрати 60 балів.

Для допуску до підсумкового семестрового контролю здобувач в сумі за два модулі має набрати не менше 30-ти балів з 60-ти можливих, тобто не менше 50% від максимально можливого.

На іспиті здобувач може одержати від 20 до 40 балів. Між 0 та 20 балами оцінка не виставляється, іспит вважається не зданим. Бали, одержані на іспиті від 20 до 40 додаються до балів, одержаних у семестрі (30-60 балів). За цією сумою згідно таблиці шкали оцінювання виставляється підсумкова оцінка до залікової книжки.

8. 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

Критерії оцінювання

питань залікового білету (контрольної роботи)

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 екзаменаційні питання можна отримати максимально 40 балів. Сумарний бал за контрольну роботу вказується в тексті відповідної роботи.

№	Характеристика відповіді на кожне з питань залікового білету (контрольної роботи)	% 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 %

9. Рекомендована література

Основна література

1. "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)"
2. "Норми радіаційної безпеки України; доповнення: "Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення" ("НРБУ-97/Д-2000"
3. "Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України"
4. О. О. Ключников, А. В. Носовський, Основи дозиметрії іонізуючих випромінювань: Навчальний посібник. К.: Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, 2007. - 256 с.
5. Reilly, D, Ensslin, N, Smith, H Jr, and Kreiner, S. Passive nondestructive assay of nuclear materials. United States: N. p., 1991. Web.
6. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, IAEA Safety Standards Series No. TS-G-1.1 (Rev.1), IAEA, Vienna (2008)
7. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.1, IAEA, Vienna (2000)
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.13, IAEA, Vienna (2005)
9. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Thorium Based Fuel Options for the Generation of Electricity: Developments in the 1990s, IAEA-TECDOC-1155, IAEA, Vienna (2000)
10. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Recycle and Reuse of Materials and Components from Waste Streams of Nuclear Fuel Cycle Facilities, IAEA-TECDOC-1130, IAEA, Vienna (1999)
11. Б. В. Громов, В. И. Савельева, В. Б. Шевченко. Химическая технология облученного ядерного топлива: Учебник для вузов М.: Энергоатомиздат, 1983,-352 с.
12. OECD/NEA (2005), *The Safety of the Nuclear Fuel Cycle - Third Edition*, Nuclear Safety, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264014220-en>.
13. Бар'яхтар В.Г. (гол. ред.) Чорнобильська катастрофа. К.: Наукова думка, 1996. — 575 с. — ISBN: 5-12-004061-6.
14. О. Бакай, В. Бар'яхтар, ПРО НАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ // Питання атомної науки і техніки №4 (110) 2017, с. 107-110.

Допоміжна література

1. М. Л. Бараночников. Приемники и детекторы излучений. Справочник. - М.: 2017. - 1041 с., табл. 610, ил. 1870.
2. О. Ц. Сідлецький, Б. В. Гриньов, СЦИНТИЛЯЦІЙНІ КРИСТАЛИ НА ОСНОВІ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ ЗАМІЩЕННЯ. Харків, Україна: ІСМА, 2019.

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

1. Список цивільних ядерних аварій
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_civilian_nuclear_accidents
2. Online compiler and debugger for C/C++ <https://www.onlinegdb.com>