

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Заступник директора з наукової роботи

В. В. Давидовський
« 5 » 2023 р.



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛІНИ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

Освітньо-кваліфікаційний рівень: доктор філософії

Галузь знань: 10 - Природничі науки

Спеціальність : 104 – Фізика та астрономія

Освітня програма: Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

Статус курсу: фаховий (вибірковий)

Київ 2023

Експериментальні методи ядерної фізики: Навчально-методичний комплекс дисципліни. – Київ: ІЯД НАНУ, 2023. - 14 с.

Укладач: Понкратенко О.А., доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник

Ухвалено на засіданні Вченої ради Інституту ядерних досліджень НАН України

протокол № 6 від “ 5 ” липня 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

Освітньо-кваліфікаційний рівень: *доктор філософії*

Галузь знань: 10 - *Природничі науки*

Спеціальність : 104 – *Фізика та астрономія*

Освітня програма: *Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.*

Статус курсу: *фаховий (вибірковий)*

I. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Програма з курсу «**Експериментальні методи ядерної фізики**» відповідає навчальному плану підготовки аспірантів за спеціальністю **01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій** (галузь знань: **01.04.00 - Фізика**), що здобувають освітньо-кваліфікаційний рівень доктора філософії на відповідній освітній програмі ІЯД НАН України.

Курс «**Експериментальні методи ядерної фізики**» є необхідною складовою є складовою вибіркових навчальних дисциплін циклу професійної та практичної підготовки докторів філософії за спеціальністю **01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій**, напрям підготовки: Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

Він дає можливість ознайомити аспірантів з понятійним апаратом фізики неідеальної плазми, властивостями неідеальних класичних та квантових середовищ, закономірностями процесів, що мають місце за участі частинок в неідеальній плазмі, їх колективною взаємодією, теоретичними методами опису таких явищ та розрахунку вимірюваних величин.

Курс «**Експериментальні методи ядерної фізики**» викладається на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі та розрахований на 12 навчальних тижнів (по 4 ауд. год. щотижня; перший тиждень занять – лекційний). Вивчення курсу передбачає аудиторну (лекції – 32 год.; практичні заняття – 16 год.; консультація – 2 год.) і самостійну роботу (70 год.). Загальна кількість годин, відведених на опанування дисципліни – 120 (4 кредити ЄКТС).

Мета дисципліни – ознайомлення аспірантів з основними положеннями експериментальних методів ядерної фізики, засвоєння методів розрахунку вимірюваних фізичних величин, що характеризують процеси в фізиці атомного ядра та ядерних реакцій.

Завдання – сформувати у аспірантів базові знання про сучасний стан експериментальних методів дослідження фізики атомного ядра та ядерних реакцій.

Структура курсу

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

Знати: Основні характеристики атомних ядер та методи їх експериментального визначення; особливості взаємодії субатомних частинок з речовиною на яких базуються методи реєстрації частинок; теоретичні основи і принципи практичної реалізації прискорення заряджених частинок.

Основні технічні елементи ядерно-фізичного експерименту, методи накопичення і обробки первинної експериментальної інформації; основні властивості будови атомних ядер; основні одиниці вимірювання фізичних величин ядерної фізики; основні властивості ядерних сил; основні

закономірності і теоретичні уявлення про механізми розпаду радіоактивних ядер; моделі атомних ядер.

Принципи роботи та типи прискорювачів частинок; особливості взаємодії різних видів випромінювання з речовиною та способи реєстрації цього випромінювання; експериментальні методи досліджень в ядерній фізики; властивості ядерних реакцій, їх класифікацію та механізми протікання.

Вміти: Визначити оптимальні умови виконання експерименту для досягнення поставленої фізичної мети (енергія, тип частинок пучка і мішені, кути реєстрації, світимість, час, роздільні здатності тощо). Формулювати технічні вимоги до компонентів експериментальної методики; виконувати перевірку роботи основних підсистем експерименту (детекторна частина, електроніка, вакуумна частина). Налаштовувати функціонування експериментальних блок-схем в лабораторних умовах. Виконувати обробку первинних експериментальних даних з отриманням фізичних вимірюваних величин. Орієнтуватися у доборі спеціальної сучасної наукової літератури та самостійно працювати з нею.

Місце дисципліни (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку). Вибіркова навчальна дисципліна «**Експериментальні методи ядерної фізики**» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «доктор філософії». Система знань, отримана при вивченні даного курсу, є необхідною для вільного ознайомлення з науковою літературою та при виконанні відповідних кваліфікаційних робіт.

Зв'язок з іншими дисциплінами. При вивченні дисципліни «**Експериментальні методи ядерної фізики**» використовуються знання та вміння, набуті аспірантами під час вивчення курсів загальної фізики, статистичної фізики, квантової механіки, теорії атомного ядра та ядерних реакцій, фізики прискорювачів, фізики елементарних частинок та високих енергій.

II. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№	Назва теми	Кількість годин				
		Всього	Лекцій	Практичних занять	Самостійна та індивідуальна робота	Консультації
	Розділ (змістовний модуль) 1. Експериментальне дослідження ядерних реакцій та будови атомного ядра	-	-	-	-	-
	Тема 1. Вступ. Історичний екскурс до експериментальної ядерної фізики	4	1	-	3	-
	Тема 2. Канали, перерізи реакцій.	4	1	-	3	-
	Тема 3. Закони збереження в ядерних реакціях .	6	1	-2	3	-
	Тема 4. Кінематика ядерних реакцій.	7	1	2	4	-
	Тема 5. Механізми ядерних реакцій	7	2	2	3	-
	Тема 6. Будова атомного ядра	6	2	-	4	-
	Всього по розділу 1	34	8	6	20	-
	Розділ (змістовний модуль) 2. Прискорювачі заряджених частинок					
	Тема 7. Теоретичні основи і принципи практичної реалізації прискорення заряджених частинок.	5	1	-	4	-
	Тема 8. Лінійні прискорювачі	4	1	-	3	
	Тема 9. Циклічні прискорювачі	11	3	2	6	
	Тема 10. Накопичувальні кільця і прискорювачі на зустрічних пучках	4	1		3	
	Всього по розділу 2	24	6	2	16	
	Розділ (змістовний модуль) 3. Детектори частинок			-		
	Тема 11. Взаємодія заряджених частинок з речовиною	16	4	2-	8	2
	Тема 12. Особливості взаємодії нейтронів з речовиною.	5	1		4	
	Тема 13. Сцинтиляційні детектори. Черенковські детектори.	10	3	1	6	
	Тема 14. Напівпровідникові детектори	10	3	1	6	
	Тема 15. Ідентифікація частинок. Вимірювання енергії частинок.	12	3	3	6	
	Тема 16. Методи накопичення і обробки експериментальної інформації	7	2	1	4	
	Всього по розділу 3	62	18	8	34	2
	Іспит	-	-	-	-	2
	Всього	120	32	16	70	2

Література

Основна

- 1 А.М. Балдин, В.И. Гольданский, И.Л. Розенталь. Кинематика ядерных реакций. 1959, 296 с.
- 2 Балдин А. М., Гольданский В. И., Максименко В.М., Розенталь И.Л. Кинематика ядерных реакций. 1968 .
- 3 В.Ю. Баранов. Изотопы. Свойства, получение, применение. 2000, 703 с.
- 4 Р. Бок, Х. Грот, Д. Ноц, М. Реглер. Методы анализа данных в физическом эксперименте.
- 5 О.И. Василенко, В.К. Гришин. Физика сильноточных пучков.
- 6 Горн Л. С, Хазанов Б. И. Современные приборы для измерения ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1989, 232 с.
- 7 В.А. Григорьев, А.А. Колюбин. В.А. Логинов. Электронные методы ядерно-физического эксперимента. 1988, 336 с.
- 8 К. Группен. Детекторы элементарных частиц: Справочное издание. 1999, 425 с.
- 9 Деменков В. Г., Деменков П. В. Начала электронных методов ядерной физики. СПб., Издательство «Лань», 2016, 384 с.
- 10 В.В. Кашковский. Специальный физический практикум. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.-404 с
- 11 В. Прайс. Регистрация ядерного излучения. 1960, 464 с.
- 12 К. Клайнкнехт. Детекторы корпускулярных излучений. Мир, 1990, 224 с.
- 13 А.Н. Лебедев, А.В. Шальнов. Основы физики и техники ускорителей. В 3-х томах.
- 14 Д. Худсон. Статистика для физиков
- 15 А.П. Цитович. Ядерная электроника. 1984, 408 с.
- 16 Х. Шмидт. Измерительная электроника в ядерной физике. 1989, 188 с.
- 17 В.В. Волков. Ядерные реакции глубокоэластичных передач. М., Энергоиздат, 1982.
- 18 А.А. Курашов. Идентификация ионизирующих излучений средних и низких энергий. М., Атомиздат, 1979.
- 19 О.Ф. Немец, К.О. Теренецкий Ядерные реакции. Киев, Вища школа, 1977.

Додаткова

1. О.Г. Сітенко, В.К. Тартаковський. Теорія ядра. Київ, "Либідь", 2000. 607 с.
2. А.Г. Ситенко. Теория рассеяния. Киев, "Вища школа", 1975, 256 с.
3. О.І. Ахієзер, Ю.А. Бережной. Теория ядерних реакцій, Харків, 2001, 256 с.
4. R.A. Broglia, A. Winther. Heavy Ion Reactions. Massachusetts, 1981, 291 p.

5. О. Бор, Б. Моттelson. Структура атомного ядра. М., "Мир", 1977, 664 с.
6. К.Н. Мухин. Экспериментальная ядерная физика. М., "Атомиздат", 1974, 335 с.
7. П.А. Тишкин. Экспериментальные методы ядерной физики. Ленинград, ЛГУ, 1970, 173 с.
8. Э. Балдингер, Р. Херб, Б. Коуэн и др. Ускорители. М., 1962, 559 с.
9. Е.Г. Комар. Основы ускорительной техники. М., "Атомиздат", 1975, 368 с.
10. C.R.Gruhn. et al. Nucl. Instr. and Meth. 196 (1982) 33.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ЯДЕРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітньо- кваліфікаційний рівень	Організаційно-методична характеристика навчальної дисципліни	
	Академічна характеристика	Структура
01.04.00 - Фізика 01.04.16 – Фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій Освітня програма – Фізика (Експериментальна фізика) Доктор філософії	Рік навчання: 2 або 3 Семестр: 1 або 2 * Кількість годин на тиждень: 4 Статус курсу: <i>фаховий (вибірковий)</i> Кількість ECTS кредитів: 4 * дисципліна може викладатися на 2 або 3 році навчання в осінньому або весняному семестрі	Кількість годин: Загальна: 120 Лекції: 32 Практичні заняття: 16 Консультація 2 Самостійна робота: 70 Вид підсумкового контролю: іспит

Робоча програма складена для докторів філософії – Освітня програма Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу.

Укладач: Понкратенко О.А., доктор фіз.-мат. наук, старший науковий співробітник

IV. ПЛАН ТА МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

МЕТА ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичні заняття є сполучною ланкою між лекційними заняттями та самостійною роботою і мають на меті поглиблене засвоєння теоретичних понять, термінів і моделей з дисципліни та набуття практичних навиків розв'язання задач.

В процесі практичних занять з'ясовується ступінь засвоєння понятійно-термінологічного апарату та основних положень предмету, вміння розкривати конкретну тему, аналізувати і узагальнювати ключові питання курсу, робити числові оцінки, розв'язувати задачі.

Одним з важливих завдань проведення занять є отримання аспірантами навиків публічних виступів і дискусій.

ЗМІСТ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Передбачаються такі види аудиторної роботи:

- розгляд і обговорення теоретичного матеріалу за переліком контрольних питань по відповідних темах лекційних занять та питань для самостійного опрацювання;
- проведення семінарів з публічними виступами та доповідями по рефератах, підготовлених студентами самостійно за рекомендованою тематикою;
- розв'язання задач аналітичного характеру;
- розв'язання задач обчислювального характеру;
- проведення колоквіумів по засвоєнню теоретичного матеріалу;
- виконання контрольних робіт за індивідуальним завданням;
- перевірка практичних завдань, виконаних студентами під час самостійної роботи;
- проведення консультацій з дисципліни;

V. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

МЕТА І ЗАВДАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Головна мета проведення самостійної роботи полягає у необхідності більш широкого огляду тематики курсу з використанням матеріалів підручників, періодичних видань, наукових праць, монографій з окремих питань дисципліни.

Важливою складовою самостійної роботи студентів є виконання індивідуальних робіт.

Виконання індивідуальних робіт має на меті:

- закріплення знань теоретичного курсу;
- набуття навичок опрацювання наукової літератури (монографій, наукових статей);
- напрацювання вмінь та навичок розв'язування фізичних задач;
- навчання ефективному використанню фізико-математичних довідників, енциклопедій (включно з on-line інформацією) і т. ін.

ОБСЯГ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

<i>№</i>	<i>Назва теми</i>	<i>Кількість годин</i>
<i>1.</i>	<i>Підготовка до поточних практичних занять</i>	<i>20</i>
<i>2.</i>	<i>Виконання поточних практичних завдань</i>	<i>20</i>
<i>3.</i>	<i>Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосування основної та додаткової літератури</i>	<i>20</i>
<i>4.</i>	<i>Індивідуальні консультації з викладачем</i>	<i>10</i>
	<i>ВСЬОГО</i>	<i>70</i>

VI. ФОРМИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

МЕТА І ФОРМИ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ

Мета поточного контролю – оцінити ступінь засвоєння теоретичного і практичного матеріалу та рівень знань студентів з відповідних розділів дисципліни.

Рівень поточних знань оцінюється в балах по кожному із передбачених видів практичних завдань окремо:

- володіння теоретичним матеріалом;
- розуміння сутності фізичних явищ;
- вміння робити оцінки за порядком величин;
- розв’язання задач аналітичного характеру;
- розв’язання задач обчислювального характеру.

Згідно до методики рейтингової оцінки поточний рейтинг аспіранта розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань, колоквиуму та контрольної роботи (плюс показники відвідування лекційних та практичних занять) і нараховується протягом семестру.

Аспіранти, поточні знання яких оцінені на “незадовільно” (0-29 балів), вважаються не атестованими і до іспиту з дисципліни не допускаються. Аспіранти, які за роботу в семестрі та на іспиті набрали 30-59 балів мають право на перескладання.

МЕТА І ФОРМИ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ

Підсумковий контроль знань здійснюється наприкінці семестру шляхом складання іспиту.

До іспиту допускаються аспіранти, які мають необхідний рівень поточних знань.

Іспит проводиться в змішаній формі, по завданнях які складені на основі програми курсу та мають однаковий рівень складності. На підготовку відводиться 2 академічні години. Під час проведення іспиту дозволяється користуватися конспектом.

VII. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ І ВМІНЬ СТУДЕНТІВ, УМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОГО РЕЙТИНГУ

Рівень поточних знань студентів оцінюється відповідно до методики рейтингової оцінки. Сутність методики полягає у визначенні поточного рейтингу студента, що розраховується як сума балів за всіма видами практичних завдань та результатами самостійної роботи і наращується протягом семестру.

<i>Вид роботи</i>	<i>Обсяг за семестр</i>	<i>Максимальна кількість балів за виконану роботу</i>
<i>Теоретичне питання (просте)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 1 бал. Всього за семестр – 4 бали.</i>
<i>Теоретичне питання (ускладнене)</i>	<i>4</i>	<i>Кожна правильна і змістовна відповідь - 2 бали. Всього за семестр – 8 балів</i>
<i>Розв'язування задач</i>	<i>2</i>	<i>Кожне правильне розв'язання – 5 балів. Всього за семестр – 10 балів</i>
<i>Проведення колоквиуму та контрольної роботи</i>	<i>1</i>	<i>Кожне правильне розв'язання завдання – 5 балів. Всього за колоквиум та контрольну роботу – 10 балів</i>
<i>Відвідування лекцій</i>	<i>16</i>	<i>Кожна відвідана лекція – 1 бал. Всього за семестр – 16 балів</i>
<i>Відвідування семінарів</i>	<i>14</i>	<i>Кожний відвіданий семінар – 1 бал. Всього за семестр – 14 балів</i>
<i>Сукупний рейтинг</i>	<i>-</i>	<i>60 балів</i>

КРИТЕРІЇ СКЛАДАННЯ ІСПИТУ (ЗАЛІКУ)

Кожне завдання для проведення іспиту (заліку) має бути однакової складності. Зміст питань та завдань має бути розрахований на письмову підготовку аспіранта протягом двох академічних годин.

Максимальна кількість балів на проведення підсумкового контролю – 40. Критерії оцінки підсумкових знань при складанні іспиту наведені в таблиці .

Критерії складання іспиту (заліку)

<i>Характеристика відповіді по варіанту</i>	<i>Максимальна кількість балів</i>
<i>Зміст 2-х теоретичних питань розкрито повністю і в розгорнутому вигляді</i>	<i>30</i>
<i>Вірні відповіді на тести /додаткові питання чи розв'язок задач</i>	<i>10</i>
<i>ВСЬОГО</i>	<i>40 балів</i>

За результатами складання іспиту (заліку) якість підсумкових знань аспіранта оцінюється за рейтинговою системою та трансформується в національну шкалу та шкалу ECTS

Таблиця

Порядок перерахунку рейтингових показників нормованої 100-бальної університетської шкали оцінювання в національну 4-бальну шкалу та шкалу ECTS.

За шкалою університету	За національною шкалою		За шкалою ECTS
	Іспит	Залік	
91 – 100	5 (відмінно)	Зараховано	A (відмінно)
81 – 90	4 (добре)		B (дуже добре)
71 – 80			C (добре)
66 – 70	3 (задовільно)		D (задовільно)
60 – 65			E (достатньо)
30 – 59	2 (незадовільно)	Не зараховано	FX (незадовільно – з можливістю повторного складання)
1 – 29			F (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)