

**СИЛАБУС**  
**навчальної дисципліни**  
**«ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ»**

<b>Галузь знань</b>	10 - <i>Природничі науки</i>
<b>Спеціальність</b>	104 – <i>Фізика та астрономія</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Фізика ядра, фізика елементарних частинок і високих енергій; ядерно-фізичні установки; радіаційна фізика конденсованого стану; фізика плазми і ядерного синтезу</i>
<b>Освітній рівень</b>	доктор філософії
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Фаховий / Вибірковий</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Курс / семестр</b>	<i>II курс, 1 (2) семестр</i>
<b>Кількість кредитів ЄКТС</b>	<i>4 кредити ЄКТС</i>
<b>Розподіл за видами занять та годинами навчання</b>	<i>Лекції – 32 год.</i>
	<i>Практичні (семінарські) – 16 год.</i>
	<i>Лабораторні – 0 год.</i>
	<i>Самостійна робота – 70 год.</i>
<b>Форма підсумкового контролю</b>	<i>Іспит</i>
<b>Відділ</b>	<i>Відділ фізики важких іонів, ІЯД НАН України, корп. 101, к.309 тел. +380-44-525-4464</i>
<b>Викладач (-і)</b>	<i>Понкратенко Олег Анатолійович, старший наук. співр., д.ф.-м.н.</i>
<b>Контактна інформація викладача (-ів)</b>	<i>oronkrat@yahoo.com, +380-95-435-8083</i>
<b>Дні занять</b>	<i>За розкладом</i>
<b>Консультації</b>	<i>Дистанційні, за домовленістю з ініціативи здобувача, групові</i>

**1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання**

**Мета** навчальної дисципліни - формування у аспірантів компетентностей у галузі прикладної ядерної фізики, що застосовуються при розробці радіаційних та ядерних технологій на виробництвах.

**Предмет** навчальної дисципліни – прикладна ядерна фізика, радіаційні та ядерні технології виробництва.

**Компетентності**

**Інтегральна компетентність (ІК):** Здатність розв’язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері фізики, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики. Здатність продукувати нові ідеї, розв’язувати комплексні проблеми у галузі управління та адміністрування, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики, застосовувати новітні методології наукової та педагогічної діяльності, здійснювати власні наукові дослідження.

**Загальні компетентності (ЗК):**

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.

### **Спеціальні (фахові) компетентності (СК):**

СК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та

СК04. Здатність організовувати та здійснювати науково-педагогічну діяльність у сфері фізики та/або астрономії.

СК05. Здатність ініціювати, розробляти та реалізовувати науково-дослідницькі, розробницькі та інноваційні проекти у сфері фізики та/або астрономії, планувати й організовувати роботу науково-дослідницьких, розробницьких та інноваційних колективів.

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

### **Програмні результати навчання**

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.

РН02. Аналізувати та оцінювати стан і перспективи розвитку фізики та/або астрономії, а також дотичних міждисциплінарних напрямів.

РН06. Планувати і виконувати прикладні та/або фундаментальні дослідження фізики та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних методів, методик, технологій, інструментів та обладнання, з дотриманням норм академічної етики, критично аналізувати результати наукових досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; готувати проектні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень та/або розробницьких і інноваційних проектів.

РН10. Мати навички захисту прав інтелектуальної власності.

РН11. Організувати освітній процес і проводити педагогічну діяльність у сфері фізики та/або астрономії, забезпечувати відповідне наукове, навчально-методичне та нормативне забезпечення

**Після засвоєння матеріалу дисципліни аспіранти повинен: вивчити** 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; **знати** 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 визначати** 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); налагоджувати 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.

### **Передумови для навчання**

Перелік попередньо прослуханих дисциплін / Знання, вміння, навички, якими повинен володіти здобувач, щоб приступити до вивчення дисципліни

Для успішного засвоєння дисципліни аспірант повинен знати загальну фізику, ядерну фізику, статистичної фізики, квантової механіки, теорії атомного ядра та ядерних реакцій, фізики прискорювачів, фізики елементарних частинок та високих енергій в обсязі стандартних університетських курсів, мати навички програмування. Компетентності, знання, уміння та досвід, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Експериментальні методи ядерної фізики», є необхідними для розуміння світових тенденцій вирішення сучасних проблем фізичних досліджень у ядерній фізиці.

### **Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліну структурно розділено на 3 розділи:

Розділ 1. Експериментальне дослідження ядерних реакцій та будови атомного ядра.

Розділ 2. Прискорювачі заряджених частинок.

Розділ 3. Детектори частинок.

### **Матеріально-технічне (програмне) забезпечення дисципліни**

Для виконання практичних завдань за темою курсу потрібен персональний комп'ютер. Можна вважати, що ця вимога легко задовольняється для аспірантів ІЯД НАН України у тих відділах, де виконується наукова робота (навіть якщо аспірант не має ані особистого комп'ютера вдома, ані ноутбука). Отже, кожний відділ у змозі створити аспірантові достатні умови для виконання завдань курсу.

**Сторінка курсу на платформі  
Інституту (персональна навчальна  
система)**

### **Рекомендовані джерела**

*Базова література:*

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. Колубин. 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.

*Допоміжна література:*

1. О.Г. Ситенко, 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. Бережної. 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.

### **Навчальний контент**

#### **Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець.

#### ***Лекційні заняття***

**Розділ 1.** Експериментальне дослідження ядерних реакцій та будови атомного ядра.

**Лекція 1.** Вступ. Історичний екскурс до експериментальної ядерної фізики. Канали, перерізи реакцій.

**Лекція 2.** Закони збереження в ядерних реакціях. Кінематика ядерних реакцій.

**Лекція 3.** Механізми ядерних реакцій.

**Лекція 4.** Будова атомного ядра.

**Розділ 2.** Прискорювачі заряджених частинок.

**Лекція 5.** Теоретичні основи і принципи практичної реалізації прискорення заряджених частинок.

**Лекція 6.** Циклічні прискорювачі.

**Лекція 7.** Лінійні прискорювачі. Накопичувальні кільця і прискорювачі на зустрічних пучках.

**Розділ 3.** Детектори частинок.

**Лекція 8-10.** Взаємодія заряджених частинок з речовиною. Особливості взаємодії нейтронів з речовиною.

**Лекція 11-12.** Сцинтиляційні детектори. Черенковські детектори.

**Лекція 13-13.** Напівпровідникові детектори.

**Лекція 14-15.** Ідентифікація частинок. Вимірювання енергії частинок.

**Лекція 16.** Методи накопичення і обробки експериментальної інформації.

#### ***Практичні заняття***

**Заняття 1-3.** Практичні роботи по визначенню характеристик атомних ядер та розрахунку кінематики та інших характеристик ядерних реакцій.

**Заняття 4.** Ознайомлення з роботою циклічних прискорювачів розрахунки їх параметрів та характеристик.

**Заняття 5-6.** Практичне освоєння методів роботи з сцинтиляційними та напівпровідниковими детекторами.

**Заняття 7-8.** Ознайомлення з методи накопичення та обробки експериментальної інформації.

### **Самостійна робота аспіранта**

Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
Опанування матеріалів лекцій та додаткових питань із застосуванням основної та додаткової літератури	32
Виконання експериментальних робіт	32
Підготовка до заліку	6

### **Політика та контроль**

#### **Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: заняття проводяться відповідно до розкладу згідно із правилами встановленими [Положенням про організацію освітнього процесу в Інституті ядерних досліджень НАН України](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf). ([http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat\\_ed\\_inet.pdf](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/creat_ed_inet.pdf)), присутність на заняттях є добровільним і не допускається примушування до будь-яких дій в навчальному процесі без особистої згоди аспіранта. Відповідно до робочої навчальної програми даної дисципліни, бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях відпові до [Уніфікованої система оцінювання навчальних досягнень аспірантів](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf). ([http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys\\_test.pdf](http://www.kinr.kiev.ua/aspirant/sys_test.pdf)).

- правила поведінки на заняттях: аспірант має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені робочою навчальною програмою дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Інституту здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо аспірант не виконував модульні контрольні роботи (без поважної причини), то його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання передбачено у разі поважних причин;

- політика щодо академічної доброчесності: Положення встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в Інституті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Основи прикладної ядерної фізики, радіаційні та ядерні технології виробництва»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача

### **Система оцінювання результатів навчання**

#### **Види контролю та система оцінювання результатів навчання**

Поточний контроль: опитування за темою заняття, модульні контрольні роботи (МКР),

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: ісаит (залік).

Умови допуску до семестрового контролю: відсутні.

Рейтинг аспіранта з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) на лекційних та практичних заняттях;
- 2) за модульні контрольні роботи (МКР);

3) за відповідь на заліку.

Система рейтингових балів

1) Практичні та лекційні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 0,5 балів. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на практичних заняттях становить  $40 \times 0,5 = 20$  балів.

2) Модульна контрольна робота (МКР). Ваговий коефіцієнт дорівнює 20.

Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить  $2 \times 20 = 40$  балів.

Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 18-20 балів;

- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 15-17 балів;

- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 11-14 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

3). Залік. Критерії оцінювання. Завдання містить три основні, кожне з яких оцінюються у 12 балів та одне додаткове запитання, яке оцінюється 4 балами. Всього  $3 \times 12 + 1 \times 4 = 40$  балів.

Нарахування балів за відповідь на заліку:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 36-40 балів;

- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 30-35 балів;

- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-29 балів;

- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

### Накопичування рейтингових балів з навчальної дисципліни

Види навчальної роботи	Мах кількість балів
Навчальна активність на лекційних та практичних заняттях	20
Контрольна робота	40
Іспит	40
<b>Максимальна кількість балів</b>	<b>100</b>

### Відповідність шкали оцінювання ЄКТС національній системі оцінювання та ІЯД НАНУ

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену (іспиту), диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики, тренінгу	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82 – 89	B	добре	
74 – 81	C		
64 – 73	D		
60 – 65	E	задовільно достатньо	не зараховано
35 – 59	FX	незадовільно	
1 – 34	F		

*Більш детальну інформацію щодо компетентностей, результатів навчання, методів навчання, форм оцінювання, самостійної роботи наведено у Робочій програмі навчальної дисципліни, див сайт ІЯД.*

Силабус затверджено на засіданні вченої ради ІЯД НАНУ « 5 » липня 2023 р. Протокол № 6.