

СИЛАБУС
навчальної дисципліни
“ЛАБОРАТОРНИЙ ФІЗИЧНИЙ ПРАКТИКУМ”

Галузь знань	10 Природничі науки
Шифр та назва спеціальності	104 Фізика та астрономія
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Статус дисципліни	вибіркова

Викладач (розробник)



Лебедь Олександр Анатолійович
Доктор фізико-математичних наук, старший дослідник,
lebedO@ukr.net,
Інститут прикладної фізики НАН України,
вул. Петропавлівська, 58, м. Суми

Загальна інформація про дисципліну

Анотація	<p>«Лабораторний фізичний практикум» є вибірковою дисципліною, програма якого спрямована на опанування практичних навичок роботи з сучасним аналітичним та прискорювальним обладнанням інституту. Курс охоплює методики оптичної та електронної мікроскопії, радіаційної модифікації матеріалів, мас-спектрометрії, проведення експериментів з використанням пучків заряджених частинок та статистичну обробку отриманих спектрів. Особлива увага приділяється профільними для Інституту методам.</p> <p>Дисципліна буде цікава та корисна слухачам, що займаються неруйнівними методів дослідження внутрішньої структури об'єктів, біофізикою, прискорювальною та вакуумною технікою, фізикою пучків заряджених частинок та обробкою цифрових сигналів.</p>
Мета	<p>Основною метою дисципліни є формування у майбутніх докторів філософії комплексу практичних компетенцій, необхідних для самостійного планування та проведення фізичного експерименту на високому науково-технічному рівні, вироблення у аспірантів фізичного та інженерного підходу проведення фізичного</p>

	експерименту. Завдання дисципліни – навчити аспірантів безпечній експлуатації складних фізичних установок та вакуумних систем, опанувати методи реєстрації іонізуючого випромінювання, обробки та інтерпретації експериментальних даних.	
Результати навчання	Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі Компетентності: <ul style="list-style-type: none"> • Здатність обробляти та інтерпретувати експериментальні дані (наприклад, енергетичні спектри зворотного розсіяння іонів). • Здатність критично оцінювати достовірність результатів, розраховувати статистичні та систематичні похибки вимірювань. • Здатність застосовувати набуті практичні навички для вирішення інших загально-фізичних та прикладних задач. • Результати навчання: • Глибоке розуміння фізичних принципів взаємодії заряджених частинок з речовиною, що лежать в основі роботи прискорювальної техніки. Вміти застосовувати ці знання для фундаментальних і прикладних досліджень. • Знати архітектуру та принципи дії детектуючих систем, включаючи напівпровідникові детектори, підсилювальну електроніку та аналого-цифрові перетворювачі. • Виконувати прикладні розрахунки для проведення фізичних експериментів, прогнозувати їх результати. • Мати навички формулювати висновки на основі отриманих даних для їх подальшого представлення у наукових публікаціях та дисертаційній роботі. 	
Обсяг дисципліни	Кількість кредитів – 3 Загальна кількість годин — 90 год.: <ul style="list-style-type: none"> ○ Лекції — 16 год.; ○ Лабораторні — 28 год.; ○ Самостійна робота — 44 год.; ○ Залік — 2 год. 	
Форма підсумкового контролю	Диференційний залік	
Опис навчальної дисципліни		
Лекційні заняття		
№ з/п	Назви тем	К-сть годин
1	Похибки вимірювань та статистична обробка результатів вимірювання Вступ. Статистична обробка результатів прямих вимірювань. Нормальний закон розподілу випадкових похибок. Середньоквадратична похибка. Довірчий інтервал і довірча ймовірність. Відносна похибка непрямих	4

	вимірювань.	
2	<p>Техніка безпеки та радіаційний захист.</p> <p>Загальні вимоги охорони праці в наукових установах НАН України. Категорії персоналу та особливості допуску до роботи з джерелами іонізуючого випромінювання. Радіаційна безпека. Природа радіаційної небезпеки на прискорювачах. Електробезпека при роботі з високовольтним обладнанням. Безпека при роботі з вакуумними та криогенними системами. Пожежна безпека в наукових лабораторіях. Дії в екстремальних та аварійних ситуаціях.</p>	4
3	<p>Основи вакуумної техніки.</p> <p>Фізика вакууму. Класифікація діапазонів (низький, середній, високий, надвисокий вакуум). Поняття середньої довжини вільного пробігу молекул та її значення для транспортування іонних пучків. Газовиділення та взаємодія газів з поверхнею. Джерела газу у вакуумній системі. Методи отримання вакууму, основні типи насосів. Вимірювання вакууму.</p>	4
4	<p>Експериментальні методи дослідження складу та структури речовини.</p> <p>Класифікація методів дослідження зразків та їх фізична основа. Взаємодія іонізуючого випромінювання з твердим тілом. Поняття аналітичного сигналу: енергетичний спектр, вихід, роздільна здатність. Оптична та електронна мікроскопія. Мас-спектрометрія. Порівняльна характеристика чутливості різних методів. Вибір оптимального методу під конкретну наукову задачу, комбінування методів для отримання повної інформації про зразок.</p>	4
Разом (год.)		16
Теми лабораторних занять		
1	<p>Основи техніки високого вакууму, технологія термічного та магнетронного напилення у вакуумі.</p> <p>Вивчення будови вакуумного поста (форвакуумні та турбомолекулярні насоси). Практичне відкачування камери, робота з вакуумметрами та пошук витоків. Створення тонкоплівкових еталонів для подальших ядерно-фізичних досліджень, контроль швидкості осадження та адгезії.</p>	4
2	<p>Оптична та електронна мікроскопія, цифрова обробка зображень мікроструктур.</p> <p>Дослідження морфології поверхні зразків до та після іонного опромінення. Використання алгоритмів сегментації для аналізу розмірів зерен та дефектів.</p>	4
3	<p>Мас-спектрометрія вторинних іонів на обладнанні ІПФ.</p> <p>Вивчення процесу розпилення поверхні пучком первинних іонів та реєстрація вибитих вторинних іонів. Побудова профілів розподілу домішок за глибиною з високою чутливістю.</p>	4
4	<p>Дослідження характеристик напівпровідникових детекторів випромінювання.</p>	4

	Визначення енергетичної роздільної здатності (FWHM) детектора, вивчення залежності амплітуди сигналу від прикладеної напруги зміщення. Калібрування спектрометричного тракту.	
5	Радіаційна модифікація властивостей матеріалів. Розрахунок параметрів опромінення. Юстування іонного пучка та вибір дози для модифікації зразка. Експериментальне дослідження зміни фізико-хімічних властивостей матеріалів після опромінення.	4
6	Діагностика та юстирування систем транспортування пучка. Практична робота з діагностичним обладнанням: циліндрами Фарадея та щільними системами. Оптимізація коефіцієнта проходження пучка через прискорювальний тракт Аналітичного прискорювального комплексу. Особливості кожного каналу прискорювального комплексу.	4
7	Експлуатація прискорювача Tandetron: інжекція та фокусування пучка. Ознайомлення з будовою тандемного прискорювача. Практичні навички керування параметрами джерела іонів, проведення пучка через прискорювальну трубку до камери розсіяння.	4
Разом (год.)		28
Самостійна робота Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять		
1	Врахування систематичної і випадкової похибок. Способи оцінки похибки непрямих вимірювань. Часткові похибки та загальна похибка непрямого вимірювання. Абсолютні та відносні похибки результату математичних операцій	4
2	Системи радіаційного моніторингу в залах прискорювача та правила використання індивідуальних дозиметрів. Особливості роботи з установками під напругою. Блокувальні системи та їх роль у запобіганні ураженню струмом. Ризики руйнування скляних або тонкостінних вузлів під дією зовнішнього тиску. Високий тиск у балонах з робочими газами. Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом або термічних або криогенних опіках. Специфіка гасіння пожеж у приміщеннях з електронним обладнанням та високою напругою.	6
3	Специфіка вакууму в прискорювачах. Вплив залишкового газу на перезарядку іонів у тандемі та розсіяння пучка. Диференціальне відкачування: як з'єднати зони з різним тиском (джерело іонів — прискорювальна трубка — камера розсіяння). Контроль герметичності та пошук витоків. Вакуумна гігієна: правила роботи з компонентами.	2
4	Механічні та теплові манометри (датчик Пірані). Іонізаційні манометри (з гарячим та холодним катодом) — межі застосування та точність. Принцип роботи магнітного електророзрядного датчика (датчик Пеннінга).	4
5	Спектрометрія зворотного розсіяння іонів. Переріз розсіяння та кількісний аналіз без використання еталонів. Визначення товщини шарів та профілювання складу за глибиною. Можливості методу ядер віддачі для аналізу гідридів та полімерних плівок.	8
6	Рентгенівська емісія під дією заряджених частинок та її застосування у біології, екології та археометрії (аналіз артефактів без руйнування).	6

	Використання ізотоп-специфічних реакцій для виявлення легких елементів	
7	Процеси іонного розпилення поверхні. Аналіз вибитих вторинних іонів за допомогою мас-аналізатора. Скануюча електронна мікроскопія: візуалізація топографії поверхні. Енергодисперсійний рентгенівський аналіз як доповнення до іонних методів.	8
8	Методологія планування експерименту	6
Разом (год.)		44

ОЦІНЮВАННЯ ЗА ОСВІТНІМ КОМПОНЕНТОМ

Сумативне оцінювання

1.1. Для оцінювання очікуваних результатів навчання передбачено

№	Методи сумативного оцінювання	Бали / Вага у загальній оцінці	Дата складання
1.	Лабораторні заняття	60 балів / 60 %	Згідно графіка навчального процесу
2.	Індивідуальні завдання	40 балів / 40%	

1.2. Критерії оцінювання

№ з/п	Вид діяльності	Оцінювання
1	Лабораторні заняття (14 занять)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 60-41 бали; - добрі відповіді 40-21 балів; -задовільні, достатні відповіді 20-1 бал. Максимум: 60 балів
2	Індивідуальні завдання (4 завдання)	- Завдання виконано, здобувач добре орієнтується в матеріалі 8-10 балів. - Завдання виконані з незначними помилками, здобувач не достатньо орієнтується в теоретичному матеріалі 5-7 бали. - Завдання виконане не в повній мірі, здобувач не достатньо орієнтується в матеріалі 1-4 балів. - Завдання не виконане або виконане не вірно 0 балів. Максимум: 40 балів.

Політика оскарження результатів оцінювання

Здобувач має право оскаржити результати оцінювання, звернувшись до викладача протягом 3-х робочих днів після оголошення балів. У разі незгоди з рішенням викладача, апеляція розглядається комісією згідно з [“Положення про апеляцію результатів підсумкового контролю знань здобувачів вищої освіти в ІПФ НАН України”](#).

Методичне забезпечення

1. Тексти та конспекти лекцій
2. Методичні розробки для аспірантів з лабораторних занять
3. Доступ та опрацювання он-лайн ресурсів

Рекомендована література

Базова

1. Лобода В.Б., Іваній В.С., Хурсенко С.М. та ін. Сучасні методи дослідження структури речовини. Спеціальний фізичний практикум – Суми: Університ. книга, 2010. 259с.
2. Knoll, G.. (2000). Radiation Detection and Measurement. P. 854.
3. E. Wolf, M. Born, Principles of Optics. – Cambridge Univ. Press, 2020. – 952 pp.
4. Tesmer, J.R., & Nastasi, M. (1995). Handbook of modern ion beam materials analysis.
5. Іщенко О.В., Гайдай С.В., Беда О.А. Мас-спектрометрія (підручник). ВПЦ «Київський університет».- 2018 р. - 244 с. с

Допоміжна

1. J.S. Williams, J.R. Bird, Concepts and Principles of Ion Beam Analysis, Editor(s): J.R. Bird, J.S. Williams, Ion Beams for Materials Analysis, Academic Press, 1989, P 3-46,
2. D.M. Paganin, Coherent X-Ray Optics. – Oxford University Press, 2006. – 424 pp.
3. Литвин Б.Л., Романюк А.Л. Фізичні методи дослідження органічних речовин: навч.-метод. посіб. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т. ім. В. Стефаника, 2003. – 118 с.
4. Sigmund, P. (2006). Particle penetration and radiation effects: general aspects and stopping of swift point charges. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Інтернет ресурси

1. X-RAY DATA BOOKLET, Center for X-ray Optics and Advanced Light Source, Lawrence Berkeley National Laboratory <https://xdb.lbl.gov/>
2. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського: <http://www.nbuv.gov.ua/>

Академічна доброчесність

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватись Етичного кодексу ученого України. Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право і сум права; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації. У випадку порушення академічної доброчесності – реагування відповідно до «Положення про академічну доброчесність в ІПФ НАН України».

Політика використання ІІІ

Використання ІІІ регулюється “Положенням про академічну доброчесність наукових працівників та здобувачів вищої освіти в ІПФ НАН України”. Зокрема, дозволяється використання ІІІ для пошуку ідей або редагування тексту, проте фінальний результат має бути оригінальним. Пряме копіювання згенерованого тексту без посилань вважатиметься порушенням академічної доброчесності

Зворотній зв'язок

Наприкінці курсу проводиться анонімне анкетування здобувачів щодо якості викладання та відповідності змісту дисципліни їхнім очікуванням.

