

**СИЛАБУС
навчальної дисципліни
“ОСНОВИ ФІЗИКИ ПРИСКОРЮВАЧІВ
ТА ІОННОЇ ІМПЛАНТАЦІЇ”**

Галузь знань	10 Природничі науки
Шифр та назва спеціальності	104 Фізика та астрономія
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Статус дисципліни	Обов'язкова
Викладач (розробник)	
	<p>Лебединський Сергій Олександрович, кандидат фізико-математичних наук, lebos@nas.gov.ua Інститут прикладної фізики НАН України, м. Суми, вул. Миколи Сумцова, 3, кабінет №13</p>
Загальна інформація про дисципліну	
Анотація	<p>Завдання курсу полягає в висвітленні проблем прискорення не тільки однієї зарядженої частинки, а і цілого ансамблю частинок, забезпечивши довго тривалість цього процесу створення умов стійкості прискореного пучка заряджених частинок шляхом його фокусування, ознайомлення з сучасними високоенергетичними прискорювачами що працюють в провідних наукових центрах. Викладений у лекціях матеріал дасть можливість аспірантам сформуванати цілісне бачення сучасних методів прискорення заряджених частинок в широкому діапазоні енергій, та ознайомитися з широким спектром використання прискорювальної техніки в сучасному фізичному експерименті, орієнтуватися в сучасних методах іонно-променевої модифікації матеріалів та аналізувати сучасну літературу з проблем іонної імплантації.</p>
Мета	<p>Метою викладання дисципліни є ознайомлення аспірантів а) в частині фізики прискорювачів: - з фізичними принципами передачі енергії електромагнітного поля системі заряджених частинок, одержання пучків заряджених частинок, прискорених до потрібних енергій. Така передача може здійснюватися як традиційними способами (високовольтне прискорення, прискорення індукційними полями) так і з використанням нових методів прискорення; із сучасними типами прискорювачів заряджених частинок та їх використанням в наукових дослідженнях, медицині та технологіях. б) в частині іонна імплантація: - з теоретичними питаннями взаємодії</p>

	<p>прискорених іонів з твердим тілом, ознайомлення аспірантів із структурою експериментального обладнання для іонної імплантації методами дослідження імплантованих шарів та ролі іонної імплантації в сучасних технологіях.</p>
Результати навчання	<p>Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі</p> <p>Компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> • СК09. Здатність проводити дослідження процесів взаємодії іонів, електронів і фотонів з речовиною, в тому числі з біооб'єктами та полями. • СК10. Здатність застосовувати електростатичні прискорювачі та пучкові технології у вирішенні загально-фізичних та прикладних задач. • Результати навчання: • РН01. Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань, здійснення розробок та інновацій. • РН06. Планувати і виконувати прикладні та фундаментальні дослідження з фізики 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 проєктні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень, розробницьких і інноваційних проєктів. • РН15. Мати навички застосування електростатичних прискорювачів та пучкових технологій для вирішення загально-фізичних та прикладних задач.
Обсяг дисципліни	<p>Кількість кредитів – 3</p> <p>Загальна кількість годин — 90 год.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Лекції — 30 год; ○ Практичні — 6 год; ○ Лабораторні — 8 год; ○ Самостійна робота — 44 год. ○ Іспит — 2 год.
Методи навчання	<ul style="list-style-type: none"> • МН1. Лекційне навчання. • МН2. Практикоорієнтоване навчання. • МН3. Ресурсно-орієнтоване навчання (RBL).
Методи сумативного оцінювання:	<ul style="list-style-type: none"> • МСО1. Виконання завдань на практичних заняттях. • МСО2. Виконання завдань на лабораторних заняттях. • МСО3. Іспит (комплексне завдання).

Форма підсумкового контролю		Екзамен
Опис навчальної дисципліни		
Лекційні заняття		
№ з/п	Назви тем	К-сть годин
1	Вступ. Предмет і завдання дисципліни. Історія розвитку прискорювальної техніки.	2
2	Фізичні принципи прискорення. Рух частинок в електромагнітних полях. Прискорювачі прямої дії.	4
3	Електростатичний прискорювач горизонтального типу «Сокіл». Детальний розбір конструкції: зарядна система, прискорююча трубка, магнітний аналізатор. Використання прискорювача для фундаментальних та прикладних задач.	4
4	Циклічні та резонансні прискорювачі. Принцип автофазування Векслера-Мак-Міллана. Циклотрони, бетатрони та синхротрони.	4
5.	Медичні прискорювачі. Спеціалізовані лінійні прискорювачі (LINAC) для радіотерапії. Протонна та адронна терапія. Виробництво радіоізотопів для ядерної медицини.	4
6	Прискорювачі для матеріалознавства. Використання пучків для імітації радіаційних пошкоджень реакторних матеріалів. Іонно-променевиий аналіз (RBS, PIXE, PIGE).	4
7	Плазмові та компактні прискорювачі. Прискорення у кільватерній плазмовій хвилі (Laser Wakefield Acceleration). Компактні джерела синхротронного випромінювання.	4
8	Фізика іонної імплантації. Гальмування іонів у складних мішенях. Ефекти каналювання та деканалювання.	2
9	Моделювання процесів іонної імплантації. Чисельні методи (Монте-Карло). Знайомство з програмним забезпеченням SRIM/TRIM для розрахунку пробігів та каскадів зіткнень.	2
Разом (год.)		30
Теми практичних занять		
1	Екскурсія в лабораторний корпус ІПФ НАН України – знайомство з базовими установками Інституту - пучки заряджених часток, принципи прискорення заряджених часток.	2
2	Моделювання іонної імплантації. Розрахунок профілів розподілу іонів та вакансій у пакеті SRIM.	4
Разом (год.)		6
Лабораторні роботи		
1	Робочий цикл та системи керування прискорювача «Сокіл»	4
2	Проведення сеансу іонної імплантації та вивчення систем масової сепарації пучка	4
Разом (год.)		8

Самостійна робота Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять		
1.	Прискорювачі на вільних електронах та компактні рентгенівські джерела	10
2.	Моделювання радіаційної стійкості конструкційних матеріалів	12
3.	Новітні проекти колайдерів (CLIC, ILC)	10
4.	Іонна імплантація у технологіях напівпровідників	12
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	Практичні заняття	50 балів / 50%	Згідно графіка навчального процесу
2	Лабораторні заняття	20 балів / 20%	
4	Іспит (комплексне завдання)	30 балів / 30%	

1.2. Критерії оцінювання

№ з/п	Вид діяльності	Оцінювання
1	Практичні заняття (5 занять)	Нарахування балів відбувається по шкалі: (Відповідно до кількості практичних занять) <ul style="list-style-type: none"> - відмінні відповіді 9-10 балів; - добрі відповіді 5-8 балів; - достатні відповіді 3-4 балів; - задовільні відповіді 1-2 балів Разом: 50 балів
2	Лабораторні заняття (2 заняття)	Нарахування балів відбувається по шкалі: (Відповідно до кількості лабораторних занять) <ul style="list-style-type: none"> - Виконано усі вимоги завдання 9-10 балів; - Більшість вимог виконано, але окремі складові відсутні або недостатньо розкриті 5-8 балів; -Вимоги щодо завдання не виконано 1-5 балів. Разом: 20 балів
3	Іспит	27-30 балів - здобувач гарно орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі розв'язані вірно; 15-27 балів - здобувач достатньо орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі розв'язані з невеликими помилками; 5-15 балів - здобувач недостатньо орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі розв'язані не повністю; 0-5 балів - здобувач недостатньо орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі не розв'язані.

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](#)

Методичне забезпечення

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

Рекомендована література

Базова

1. Chao W, Mess K. H. Tigner, M., Zimmermann F.. Handbook of Accelerator Physics and Engineering, Second Edition. 2013 by World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
2. *Ekdahl C.* Modern Electron Accelerators for Radiography // IEEE Trans. Plasma Sci. 2002. V. 30. P. 254-261.
3. *Hamm R. W., Hamm M. E.* Industrial Accelerators and Their Applications. Singapore: World Sci. Publ. Co. Pte. Ltd., 2012.
4. *Hellborg Ed. R.* Electrostatic accelerators: Fundamentals and Application // Springer, 2005. P.192-221
5. Lawson J. The physics of charged-particle beams. Clarendon Press Oxford, 1977. 4. Livingood J. Principles of cyclic particle accelerators. Princeton 1961
6. Miller R.B. An introduction to the physics of intense charged particle beams. Plenum Press, New York 1982.
7. Nastasi M., Mayer J.W., Wang Y. Ion beam analysis: fundamentals and applications. CRC Press, 2014. 472 P.
8. Офіційний сайт ІПФ НАН України: Опис прискорювача «Сокіл» (<http://iap.sumy.org/view-expbase/ua/?id=15>).

Допоміжна

1. *Amaldi U.* Accelerators for Medical Applications, CERN, Geneva, Switzerland and TERA Foundation, Novara, Italy.
2. *Karzmark C. J., Nunan C. S., Tanabe E.* Medical Electron Accelerators. New York: McGraw-Hill, Inc., 1993.
3. *Marshall T.* Free Electron Lasers. London: Macmillan, 1985.
4. Paganetti H. Proton Therapy Physics, CRC Press, 2012, P. 651.
5. W. D. Newhauser, R. Zhang. The physics of proton therapy. Phys. Med. Biol. 60 (2015) R155–R209.
6. Ziegler J. F. *SRIM: The Stopping and Range of Ions in Matter* (посібник до ПЗ).

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

ШІ 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.