

**СИЛАБУС
навчальної дисципліни
“ Фізика пучків заряджених частинок ”**

Галузь знань	10 Природничі науки
Шифр та назва спеціальності	104 Фізика та астрономія
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Статус дисципліни	Вибіркова
Викладач (розробник)	
	<p>Пономарьов Олександр Георгійович, Доктор фізико-математичних наук, професор ponom56@gmail.com Інститут прикладної фізики НАН України, вул. Петропавлівська, 58, м. Суми</p>
Загальна інформація про дисципліну	
Анотація	<p>Фізика пучків заряджених частинок охоплює теоретичні і експериментальні дослідження, інженерно-технічні рішення проблем отримання, прискорення, фокусування, утримання й маніпулювання пучками заряджених частинок, а також вторинного випромінювання, зокрема електронів, позитронів, протонів, іонів з метою їх використання для вирішення фундаментальних та прикладних завдань.</p>
Мета	<p>Метою викладання дисципліни "Фізика пучків заряджених частинок" є ознайомлення аспірантів з завданнями моделювання руху заряджених частинок в електричних і магнітних полях, первинному ознайомленні аспірантів з основними поняттями в фізиці пучків заряджених частинок, застосовуваних при вирішенні фізичних завдань і при обробці даних експерименту. Завдання вивчення дисципліни - отримання практичних навичок використання основних методів при моделюванні оптики пучків заряджених частинок. Такі навички є вкрай важливою частиною в системі сучасної підготовки фізиків, які у своїй практичній діяльності використовують пучки заряджених частинок.</p>
Результати навчання	<p>Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі:</p> <p style="text-align: center;">Компетентності:</p>

	<p>Здатність виявляти, ставити та вирішувати задачі фізичного характеру в сфері фізики заряджених частинок. Здатність відстежувати тенденції розвитку фізики пучків заряджених частинок.</p> <p>Результати навчання: Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики пучків заряджених частинок, а також необхідні навички, достатні для проведення в цій галузі фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань, здійснення розробок та інновацій.</p>
Обсяг дисципліни	<p>Кількість кредитів – 4 Загальна кількість годин — 120 год.:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Лекції — 32 год; ○ Практичні — 14 год; ○ Семінарські — 4 год; ○ Самостійна робота — 70 год.
Форма підсумкового контролю	Залік

Опис навчальної дисципліни

Лекційні заняття

№ з/п	Назви тем	К-сть годин
1	Вступ	1
2	Рух заряджених часток в електромагнітному полі.	6
	Поняття пучка заряджених часток.	
	Рівняння руху заряджених часток в системах координат з рухомим репером.	
	Фокусування пучків заряджених часток різними типами електромагнітних полів.	
	Зображення пучка в фазовому просторі.	
3	Представлення стаціонарних електромагнітних полів в системах з різними типами симетрії.	6
	Загальний вигляд потенціального поля в повітряних зазорах оптичних систем.	
	Стаціонарні електромагнітні поля з різними типами симетрії.	
	Аналітичний вигляд розподілу потенціалу вздовж осі оптичних систем.	
4	Траєкторні рівняння руху заряджених часток в іоно-оптичних системах.	5
	Траєкторні рівняння руху заряджених часток в іоно-оптичних системах з прямолінійної осьовою траєкторією.	
	Параксіальні рівняння руху заряджених часток в іоно-оптичних системах.	
	Оптика систем з урахування просторового заряду пучка.	
5	Вступ в теорію аберації.	6

	Нелінійні рівняння руху заряджених часток в іоно-оптичних системах.	
	Методи розрахунку аберації.	
	Методи зменшення рівнів аберацій.	
6	Оптимальне керування пучками в іоно-оптичних системах	4
	Синтез зондоформуючих систем.	
	Метод оптимального колімування пучка.	
7	Оптичні схеми електронних та іонних приладів	
	Електронний мікроскоп.	4
	Дисперсійні системи.	
Разом (год.)		32
Теми практичних занять		
1	Отримання траєкторних рівнянь руху пучка в однорідному магнітному полі на підставі рівнянь руху заряджених часток в системах координат з рухомим репером	2
2	Провести розрахунок оптики стигматичного дублета магнітних квадрупольних лінз в наближенні тонких лінз	2
3	Провести розрахунок оптики електростатичної лінзи з аксіальної симетрією в наближенні тонких лінз	2
4	Отримати матрицю перетворення фазових координат заряджених частинок в електростатичному полі з постійним градієнтом	2
5	Отримати матрицю перетворення фазових координат заряджених часток для електростатичної прискорюючої структури в параксіальному наближенні	2
6	Отримати матрицю 1-го порядку перетворення фазових координат заряджених часток для магнітної квадрупольної лінзи	2
7	Отримати матрицю 1-го порядку перетворення фазових координат заряджених часток для електростатичної квадрупольної лінзи	2
Разом (год.)		14
Теми семінарських занять		
1	Розрахунок хроматичної аберації для електростатичної прискорюючої структури	2
2	Розрахунок хроматичної аберації магнітної квадрупольної лінзи.	2
Разом (год.)		4
Самостійна робота		
Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять		
1	Нестаціонарні траєкторні рівняння руху пучка для часу-пролітних іонних приладів.	10
2	Матрицю перетворення фазових координат заряджених часток для магнітної лінзи з аксіальної симетрією в параксіальному наближенні для моделі Глазера.	10
3	Розрахунок хроматичної аберації для електростатичної прискорюваної структури для кусково-лінійного розподілу осьового поля.	10
4	Системи транспортування пучка заряджених часток. Метод перетворення кросовер в кросовер.	10
5	Розрахунок оптимальної зондоформуючої системи з домінуючої хроматичної аберацією.	10

6	Розрахунок оптики пучка в секторному магніті.	10
7	Розрахунок оптики систем з схрещеними магнітним і електростатичним полями.	10
Разом (год.)		70

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	48 балів / 48 %	Згідно графіка навчального процесу
2.	Семінарські заняття	12 балів / 12 %	
3.	Атестація (тест множинного вибору)	20 балів / 20%	
4.	Виконання індивідуальних завдань	20 балів / 20%	

1.2. Критерії оцінювання

№ з/п	Вид діяльності	Оцінювання
1	Практичні заняття (6 занять)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 8-6 бали; - добрі відповіді 6-3 балів; -задовільні, достатні відповіді 3-1 бал.
2	Семінарські заняття (2 заняття)	Нарахування балів відбувається по шкалі: - відмінні відповіді 6-5 бали; - добрі відповіді 4-3 балів; -задовільні, достатні відповіді 2-1 бал.
3	Атестація (тест множинного вибору) (4 тести)	Залежить від кількості вірних відповідей на тест: - 90% правильних відповідей 5 балів; - 80% правильних відповідей 4 бали; -70% правильних відповідей 3 бали; -60% правильних відповідей 2 бали; -50% правильних відповідей 1 бал; <50% правильних відповідей 0 балів;
4	Індивідуальні завдання (4 завдання)	- Завдання виконано, аспірант добре орієнтується в матеріалі 5 балів. - Завдання виконані з незначними помилками, аспірант не достатньо орієнтується в теоретичному матеріалі 3-4 бали. - Завдання виконане не в повній мірі, аспірант не достатньо орієнтується в матеріалі 1-2 балів. - Завдання не виконане або виконане не вірно 0 балів.

Навчальна література (підручники, навчальні посібники)

Базова

1. Пономарьов О.Г., Пономарьов А.О. Формування пучків іонів в ядерному скануючому мікросонді / Суми: Колаж-принт, 2019. - 368 с.

2. Humphries S., Charged particle beams/ Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2013. - 864 p.
3. Banford A.P. The Transport of Charged Particle Beams/ Publisher, Spon, 1966. - 229 p.
4. Szilagyı M.N. Electron and ion optics/ Springer, New York, 1987. - 556 p.
5. Steffen K.G. High energy beam optics/ Interscience Publishers, New York, 1965. - 211 p.

Допоміжна

1. О.Ф. Целуйко, Я.О. Гречко; за заг. ред. І. О. Гірки. Фізика інтенсивних пучків заряджених частинок – Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2022. – 180 с.
2. Jackson J. Classical electrodynamics. New York, 1962.
3. Miller R.B. An introduction to the physics of intense charged particle beams. Plenum Press, New York 1982.
4. Lawson J. The physics of charged-particle beams. Clarendon Press
5. Oxford, 1977.

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); посилення 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, використанні методики досліджень і джерела інформації.

У випадку порушення академічної доброчесності – реагування відповідно до «Положення про академічну доброчесність в ІІФ НАН України».