

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
Затверджено	Протокол № 4 від 26.08.2024 засідання науково-методичної ради.
Часткові зміни до силабусу затверджені:	Протокол № 4 від 04.09.2025 засідання науково-методичної ради.

Викладач (розробник)



Пономарьов Олександр Георгійович,
Доктор фізико-математичних наук, професор
ponom56@gmail.com
Інститут прикладної фізики НАН України,
вул. Петропавлівська, 58, м. Суми

Загальна інформація про дисципліну

Анотація	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.
Мета	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 фізики 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.
Результати навчання	Внаслідок вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен бути здатним продемонструвати такі: Компетентності:

	Здатність виявляти, ставити та вирішувати задачі фізичного характеру в сфері фізики заряджених частинок. Здатність відстежувати тенденції розвитку фізики пучків заряджених частинок. 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.	
Обсяг дисципліни	Кількість кредитів — 3 Загальна кількість годин — 90 год. Лекції — 30 год. Практичні — 14 год. Самостійна робота — 44 год. Залік — 2 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.	5
	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.	5
	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.	5
	Нелінійні рівняння руху заряджених часток в іоно-оптичних системах.	
	Методи розрахунку аберації. Метод матрицантів.	

	Методи зменшення рівнів аберацій.		
6	Оптимальне керування пучками в іоно-оптичних системах	5	
	Синтез зондоформуючих систем.		
	Метод оптимального колімування пучка.		
7	Оптичні схеми електронних та іонних приладів	4	
	Електронний мікроскоп.		
	Дисперсійні системи.		
Разом (год.)		30	
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	
Самостійна робота			
Опрацювання тем, які не входять до плану аудиторних занять			
1	Нестационарні траєкторні рівняння руху пучка для часу-пролітних іонних приладів.	6	
2	Матриця перетворення фазових координат заряджених часток для магнітної лінзи з аксіальної симетрією в параксіальному наближенні для моделі Глазера.	7	
3	Розрахунок хроматичної аберації для електростатичної прискорюючої структури для кусково-лінійного розподілу осьового поля	6	
4	Системи транспортування пучка заряджених часток. Метод перетворення кросовер в кросовер	6	
5	Розрахунок оптимальної зондоформуючої системи з домінуючої хроматичної аберацією	6	
6	Розрахунок оптики пучка в секторному магніті	6	
7	Розрахунок оптики систем з схрещеними магнітним і електростатичним полями	7	
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	21 бал / 21%	Згідно графіка навчального процесу

2.	Індивідуальні завдання	48 балів / 48%	
3.	Залік	31 балів / 31%	
1.2. Критерії оцінювання			
№ з/п	Вид діяльності	Оцінювання	
1	Практичні заняття	Нарахування балів відбувається за кожне заняття по шкалі: • відмінні відповіді: 3 бали; • добрі відповіді: 2 бали; • задовільні, достатні відповіді: 1 бал. Максимум 21 бали.	
2	Індивідуальні завдання	• 37-48 балів — аспірант гарно орієнтується в матеріалі, задачі розв’язані вірно. • 25-36 балів — аспірант достатньо орієнтується в матеріалі, задачі розв’язані з невеликими помилками. • 13-24 балів — аспірант недостатньо орієнтується в матеріалі, задачі розв’язані не повністю. • 0-12 балів — аспірант не орієнтується в матеріалі, задачі не розв’язані. Максимум 48 балів	
3	Залік	• здобувач недостатньо орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі не розв’язані: 0-5 балів; • здобувач недостатньо орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі розв’язані не повністю: 6-10 балів; • здобувач достатньо орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі розв’язані з невеликими помилками: 11-20 балів; • здобувач гарно орієнтується в теоретичному матеріалі, задачі розв’язані вірно: 21-31 балів. Максимум 31 балів	

Нормативно-правові документи

Якщо необхідно для даної дисципліни

1. Навчальна література (підручники, навчальні посібники)

1. Humphries S., Charged particle beams/ Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 2013. - 864 p.
2. Banford A.P. The Transport of Charged Particle Beams/ Publisher, Spon, 1966. - 229 p.
3. Szilagyi M.N. Electron and ion optics/ Springer, New York, 1987. - 556 p.
4. Steffen K.G. High energy beam optics/ Interscience Publishers, New York, 1965. - 211 p.
5. Пономарьов О.Г., Пономарьов А.О. Формування пучків іонів в ядерному скануючому мікроскопі / Суми: Колаж-принт, 2019. - 368 с.

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, використані методики досліджень і джерела інформації.

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