

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра прикладної фізики та фізики плазми

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о. директора ННІ «Фізико-
технічний факультет»

Пилип КУЗНЕСЦОВ

2023 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Взаємодія плазми з речовиною

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ другий (магістр) _____

галузь знань _____ 10 – Природничі науки _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ «Експериментальна ядерна фізика та фізика плазми» _____
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ за вибором _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет _____ ННІ «Фізико-технічний факультет» _____

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою ННІ «Фізико-технічний факультет»
“25” серпня 2023 року, протокол №8


РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

Кононенко Сергій Ігнатович кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент
кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Програму схвалено на засіданні кафедри прикладної фізики та фізики плазми

Протокол від “24”липня 2023 року № 12

Завідувач кафедри прикладної фізики та фізики плазми



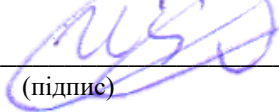
(підпис)

Ігор ГАРКУША
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-наукової програми Експериментальна ядерна
фізика та фізика плазми

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (наукової) програми



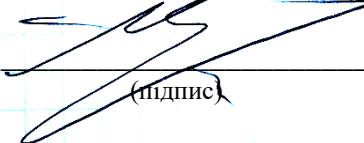
(підпис)

Ігор ДЕНИСЕНКО
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено науково-методичною комісією ННІ «Фізико-технічний факультет»

Протокол від “14”серпня 2023 року № 11

Голова науково- методичної комісії ННІ «Фізико-технічний
факультет»



(підпис)

Микола ЮНАКОВ
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Взаємодія плазми з речовиною» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки другого рівня вищої освіти освіти (магістр). Галузь знань: 10 – “Природничі науки”. Спеціальність: 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”. Освітньо-наукова програма: “Експериментальна ядерна фізика та фізика плазми”. Фахова орієнтація: “Фізика плазми”.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є теоретичні і експериментальні основи ефектів, які спричинені взаємодією електронів та іонів з речовиною.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

1. Взаємодія електронів з речовиною : проходження та ефекти.
2. Проходження іонів крізь монокристали.
3. Ефекти спричинені дією іонів на речовину.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: засвоїти фізичні основи процесів, які відбуваються при взаємодії плазми з речовиною.

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: фізичні основи взаємодії атомних частинок з речовиною, наявність та закономірності вторинних процесів при бомбардуванні твердого тіла іонами та електронами, методи вивчення твердого тіла за допомогою вторинних процесів.

вміти: суттєво відрізнити фізичні процеси на поверхні та у твердому тілі від типу частинок, які бомбардують, виконувати виміри вторинних процесів, розуміти нову технічну наукову та технологічну літературу щодо методів вимірювання вторинних процесів, які використовуються у сучасній науці та техніці.

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є засвоєння студентами основних закономірностей при взаємодії плазми з речовиною.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- засвоїти фізичні основи процесів, які спричиняються іонами, електронами та іншими атомними частинками, на поверхні і в глибині твердого тіла;
- сформувати у студентів загальну та предметну компетентність.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної програми, студенти мають досягти таких результатів навчання:

знати:

- фізичні основи вторинних процесів при бомбардуванні твердого тіла іонами, електронами та іншими атомними частинками,
- закономірності поведінки вторинних частинок, умови на поверхні, що сприяють емісійним процесам,
- методи вивчення твердого тіла за допомогою вторинних

процесів.;

вміти:

- розраховувати утрати енергії та пробіги іонів і електронів у речовині,
- виконувати виміри вторинних процесів,
- розуміти нову технічну наукову та технологічну літературу щодо методів вимірювання вторинних процесів, які використовуються у сучасній науці та техніці.

2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, напрям, рівень вищої освіти/освітньо-науковий ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	
Кількість кредитів - 4	Галузь знань: 10 Природничі	Нормативна	
		Рік підготовки	
5-й			
Індивідуальне завдання -		Семестр	
			10-й
Загальна кількість годин - 120		Лекції	
			64 год
		Практичні	
Тижневих годин для денної		Лабораторні	
			0
		Самостійна робота	
			56 год
		Індивідуальні завдання	
		0 год.	0 год.
		Вид контролю	
		залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%): для денної форми навчання - 114

3. Програма навчальної дисципліни

Розділ 1. Взаємодія електронів з речовиною.

Тема 1. Проходження електронів крізь тверде тіло.

Гальмівна здатність речовини і пробіг електронів. Середня енергія збудження атомів твердого тіла. Глибина проникнення електронів: теоретичні та експериментальні аспекти.

Тема 2. Фізичні процеси при взаємодії електронів з речовиною.

Вторинна електрон-електронна емісія. Пружне і непружне відбиття електронів. Дифракція повільних електронів. Провідність твердих тіл, яка збуджується електронами. Характеристичні витрати енергії.

Тема 3. Фізичні основи дослідження твердого тіла з використанням електронних потоків.

Розділ 2. Втрати енергії та пробіги іонів у полі- та монокристалах.

Тема 4. Вступ, рух іонів в аморфній речовині та монокристалах.

Тема 5 Взаємодія іонів з монокристалами. Індокси Міллера. Розпорошення монокристалів.

Каналювання. Вторинна електронна емісія, яку спричинили іони.

Тема 6. Теорія каналювання Ліндхарда.

Тема 7 Блокування та фокусовані зіткнення у монокристалі. Блокування та теорія Сілсбі для фокусованих зіткнень.

Тема 8 Область великих енергій. Область великих енергій. Формула Бете-Блоха.

Тема 9. Пробіги іонів в речовині. Застосування пучків іонів у науці і техніці.

Імплантація.

Розділ 3. Ефекти спричинені атомними частинками.

Тема 10. Взаємодія електромагнітного випромінення з речовиною.

Рентгенівське та гамма випромінення. Синхротронне випромінення. Люмінесценція.

Тема 11. Степеневі спектри електронної емісії, яку спричинили іони.

Умови для застосування теоретичного опису іонно-електронної емісії.

Тема 12. Теорія Штернгласса.

Тема 13 Електронна емісія, яка індукована іонами.

Застосування електронної емісії у різноманітних галузях науки і техніки.

Вторинноемісійне радіоізотопне джерело струму.

Тема 14 Взаємодія нейтронів з речовиною.

Джерела та енергії нейтронів. Дефекти твердого тіла. Перша стінка термоядерного реактора.

Тема 15. Розпорошення речовини іонами.

Розпорошення твердих тіл іонами. Основні закономірності розпорошення твердих тіл. Теоретичні аспекти Зігмунда.

Тема 16. Плазмові прилади для впливу на речовину.

Генерація плазмових потоків. Модифікація речовини плазмою .

4. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	КІЛЬКІСТЬ ГОДИН					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	сп	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Взаємодія електронів з речовиною						
Тема 1. Проходження електронів крізь тверде тіло.	6	4				2
Тема 2. Фізичні процеси при взаємодії електронів з речовиною.	6	4				2

Тема 3. Фізичні основи дослідження твердого тіла з використанням електронних потоків.	6	4				2
Разом за розділом 1	18	12				6
Розділ 2. Взаємодія іонів з речовиною						
Тема 4. Вступ, рух іонів в аморфній речовині та монокристалах.	8	4				4
Тема 5. Взаємодія іонів з монокристалами.	8	4				4
Тема 6 Теорія каналювання Ліндхарда.	8	4				4
Тема 7 Блокування та фокусовані зіткнення у монокристалі.	8	4				4
Тема 8. Область великих енергій.	8	4				4
Тема 9. Пробіги іонів в речовині.	8	4				4
Разом за розділом 2	48	24				24
Розділ 3. Ефекти спричинені атомними частинками.						
Тема 10 Взаємодія електромагнітного випромінювання з речовиною.	8	4				4
Тема 11 . Степеневі спектри електронної емісії, яку спричинили іони.	8	4				4
тема 12. Теорія Штернгласа.	8	4				4
Тема 13. Електромагнітне випромінювання, яке спричинюється атомними частинками.	8	4				4
Тема 14. Взаємодія нейтронів з речовиною	8	4				4
Тема 15. Розпорошення речовини іонами.	8	4				4
Тема 16. Плазмові прилади для впливу на речовину.	6	4				2
Разом за розділом 3	54	28				26
Усього годин	120	64				56

5. Теми практичних, лабораторних занять

немає

1. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
Розділ 1. Втрати енергії та пробіги іонів в речовині.			
1	Гальмування і розсіяння електронів.	2	КР, залік
2.	Ефективний переріз взаємодії.	2	
3	Дифракція повільних електронів	2	
	Разом	6	
Розділ 2. Вторинні процеси , які індуковані іонами.			
1	Потенційна іонно-електронна емісія.	4	КР, залік
2	Іонно-фотонна емісія.	4	
3	Теорія розпорошення П.Зігмунта.	4	
4	Точкові і протяжні дефекти твердого тіла	4	
5	Формула Бете-Блоха	4	
6	Розрахунки зі SRIM TRIM	4	
	Разом	24	
Розділ 3. Взаємодія електронів з речовиною.			
1.	Терагерцовий лазер.	4	КР, залік
2.	Потенційна електронна емісія	4	
3.	Формули Гота для розрахунків утрат	4	
4.	Радіолюмінесценція	4	
5.	Джерела нейтронів у плазмі	4	
6.	Перенаплення речовини	2	
7.	Генерація озону	4	
8.	Разом	26	

9. Індивідуальні завдання

(немає)

10. Методи навчання

Лекційні заняття з навчальної дисципліни проводяться частково з комплексним застосуванням технічних засобів навчання, зокрема за допомогою комп'ютерних засобів відеовідображення. Заняття забезпечуються навчальними та наочними посібниками.

Контрольні завдання охоплюють основні принципи питань, що визначають рівень підготовки студентів до вирішення практичних задач з навчальної дисципліни.

11. Методи контролю

Контроль засвоєння навчального матеріалу здійснюється шляхом:

- поточного контролю під час проведення лекційних занять;
- проведення контрольних робіт за результатами відпрацювання основних положень навчальної програми;
- проведення письмового підсумкового контролю знань.

Студенти, які не виконали всі види робіт, що включені до навчального плану, до залікового іспиту не допускаються.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота																Р а з о м	Е к з а м е н	С у м а
Розділ 1			Розділ 2						Розділ 3									
Тема 1	Тема 20	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12	Тема 13	Тема 14	Тема 15	Тема 16			
Максимальна = 10			Максимальна=25						Максимальна=10						60	40	100	

Для допуску до складання підсумкового контролю (заліку, або екзамену) здобувач вищої освіти повинен набрати не менше 20 балів з навчальної дисципліни під час поточного контролю, самостійної роботи, індивідуального завдання.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
80-89	добре	
70-79		
60-69	задовільно	не зараховано
50-59		
1-49	незадовільно	

13. Рекомендоване методичне забезпечення

Основна література

1. A.I. Morozov. VII Allunion conference of plasma accelerators. Kharkov, 1989, p.1
2. Plasma Interaction with Surface Components Experimental Station. From: Comprehensive Nuclear Materials, 2012
3. Pierre Michel. Introduction to Laser-Plasma Interactions. Springer Cham. 390 p
4. Dirk Naujoks. Plasma-Material Interaction in Controlled Fusion. 2006, 268 p.
5. Sputtering by Particle Bombardment by R. Behrisch. 2014, 284 p.

Інформаційні ресурси

1. plasma.com
2. plasma-school.org
3. iop.org