

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 КУЗНЄЦОВ

2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Взаємодія плазми з речовиною

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти перший (бакалавр)

галузь знань 10 – Природничі науки
(шифр і назва)

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

освітня програма «Прикладна фізика»
(шифр і назва)

спеціалізація _____
(шифр і назва)

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

факультет ННІ «Фізико-технічний факультет»

2023 / 2024 навчальний рік

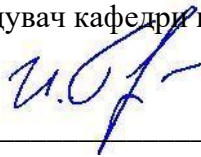
Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізико-технічного факультету
“ 25 ”серпня 2023 року, протокол № 8

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-професійної програми Прикладна фізика

(назва освітньої програми)

Гарант освітньої (професійної) програми



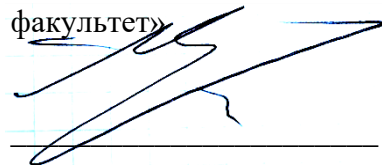
(підпис)

Ігор ГІРКА

(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

Програму навчальної дисципліни “взаємодія плазми з речовиною” складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – “Природничі науки”. Спеціальність: 105 – “Прикладна фізика та наноматеріали”. Освітня програма: «Прикладна фізика», При розробці Програми враховані вимоги Стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали», затвердженого наказом МОН України № 804 від 16.06.2020 р.

1. Опис навчальної дисципліни

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

В результаті вивчення даного курсу студент повинен

знати: фізичні основи вторинних процесів при бомбардуванні твердого тіла іонами, закономірності поведінки вторинних частинок, умови на поверхні, що сприяють емісійним процесам, методи вивчення твердого тіла за допомогою вторинних процесів.

вміти: розраховувати втрати енергії та пробіги іонів в речовині, 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 спричинюються іонами на поверхні і в глибині твердого тіла;
- сформувані у студентів загальну та предметну компетентність.

1.3. Кількість кредитів 4.

1.4. Загальна кількість годин 120.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, напрям, рівень вищої освіти/освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	
Кількість кредитів - 4	Галузь знань: 10 Природничі науки Спеціальність: 105 Прикладна фізика та наноматеріали, за освітньою програмою «Прикладна фізика» Рівень вищої освіти: перший, магістр	Нормативна	
		Рік підготовки	
4-й			
Семестр			
8-й			
Лекції			
28 год			
Практичні			
Лабораторні			
28			
Індивідуальне завдання - немає	Самостійна робота		
	64 год		
Загальна кількість годин - 120	Індивідуальні завдання		
	0 год.	0 год.	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних - 4 самостійної роботи студента - 2,7	Вид контролю		
	екзамен		

1.6. Заплановані результати навчання.

За вимогами освітньо-професійної програми «Прикладна фізика» спеціальності 105 «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти повинні досягти таких програмних результатів навчання:

- знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики (**Зн-1**);
- знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, механіки суцільних середовищ, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та геометричної оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з теоретичної та прикладної фізики. (**Зн-4**);
- знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. (**Зн-5**)
- застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів. (**Ум-1**)
- застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики. (**Ум-2**)
- застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій. (**Ум-3**)
- вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики. (**Ум-4**)
- відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації. (**Ум-5**)
- класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики. (**Ум-6**)
- мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання фізичних явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів. (**Ум-7**);
- презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію. (**Ком-2**)
- планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів. (**Ком-3**)
- оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов'язані з реалізацією проєктів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проєктів. (**Ком-4**)
- мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку. (**Ком-6**)
- мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. (**AiB-1**);
- знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини. (**AiB-2**);
- знати, аналізувати, прогнозувати та оцінювати основні екологічні аспекти загального впливу промислово-технологічної діяльності людства, а також окремих фізичних явищ,

наукових досліджень та процесів (природних і штучних) на навколишнє природне середовище та на здоров'я людини. (АіВ-3);

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Втрати енергії та пробіги іонів у речовині.

Тема 1. Вступ, рух іонів в речовині.

Вступ. Структура курсу. Основні процеси, що відбуваються при взаємодії плазми (іонів) з речовиною. Гальмування і розсіяння іонів.

Тема 2. Формула Резерфорда.

Формула Резерфорда. Дослід Гейгера-Марсдена. Ефективний переріз взаємодії.

Тема 3. Пружні втрати енергії іонами.

Пружні зіткнення. Втрати енергії при пружних зіткненнях. Втрати на електронне гальмування. Функції екранування. Безрозмірна енергія.

Тема 4. Непружні втрати енергії іонами.

Втрати енергії при непружних зіткненнях іонів в речовині. Теорія О.Б.Фірсова. Формула Ліндхарда.

Тема 5. Область великих енергій.

Область великих енергій. Формула Бете-Блоха. Порівняння теорії з експериментом. Формула Гота.

Тема 6. Пробіги іонів в речовині.

Пробіги іонів в речовині. Середній, проективний, екстрапольований пробіги. Безрозмірна енергія і безрозмірний пробіг.

Тема 7. Розрахунок величин пробігів іонів в речовині.

Функція розподілів ймовірності пробігів. Вимірювання втрат енергії і пробігів заряджених частинок. Порівняння теорії з експериментом.

Тема 8. Пакет програм SRIM-TRIM.

Розрахунки втрат енергії іонами та пробігів. Моделювання руху іонів у речовині.

Розділ 2. Вторинні процеси, які індуковані іонами.

Тема 9. Електронна емісія, яка індукована іонами.

Застосування електронної емісії у різноманітних галузях науки і техніки.

Тема 10. Степеневі спектри електронної емісії, яку спричинили іони.

Умови для застосування теоретичного опису іонно-електронної емісії. Степеневі функції розподілу електронів у твердому тілі.

Тема 11. Застосування електронної емісії, яку спричинили іони для перетворення енергії.

Вторинноемісійне радіоізотопне джерело струму.

Тема 12 Електромагнітне випромінювання, яке спричинюється іонами.

Гальмівне та перехідне випромінювання. Іонолюмінесценція.

Тема 13. Розпорошення речовини іонами.

Розпорошення твердих тіл іонами. Основні закономірності розпорошення твердих тіл.

Теоретичні аспекти Зігмунда.

Тема 14. Ефекти при розпорошенні речовини іонами.

Ерозія, блістерінг, перенапилення.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	КІЛЬКІСТЬ ГОДИН					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		ц	лаб	інд	сп	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Втрати енергії та пробіги іонів в речовині						
Тема 1. Вступ, рух іонів в речовині.	8	2		2		4
Тема 2. Формула Резерфорда	8	2		2		4
Тема 3. Пружні втрати енергії іонами	8	2		2		4

Тема 4.Непружні втрати енергії іонами	8	2		2		4
Тема 5. Область великих енергій	8	2		2		4
Тема 6. Пробіги іонів в речовині.	8	2		2		4
Тема 7 Розрахунок величин пробігів іонів в речовині.	8	2		2		4
Тема 8 Пакет програм SRIM-TRIM.	10	2		2		6
Разом за розділом 1	66	16		16		34
Розділ 2. Вторинні процеси , які індуковані іонами.						
Тема 9 . Електронна емісія, яка індукована іонами.	9	2		2		5
Тема 10. Степеневі спектри електронної емісії, яку спричинили іони.	9	2		2		5
Тема 11. Застосування електронної емісії, яку спричинили іони для перетворення енергії.	9	2		2		5
Тема 12. Електромагнітне випромінювання, яке спричинюється іонами.	9	2		2		5
Тема 13. Розпорошення речовини іонами.	9	2		2		5
Тема 14. Ефекти при розпорошенні речовини іонами.	9	2		2		5
Разом за розділом 2	54	12		12		30

5. Теми практичних, лабораторних занять
немає

5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма
Розділ 1. Втрати енергії та пробіги іонів в речовині.			
1	Гальмування і розсіяння іонів.	4	КР,
2.	Ефективний переріз взаємодії.	4	
3	Дослід Гейгера-Марсдена	4	
4	Переріз непружних втрат іонів в речовині	4	
5	Поправки Баркаса -Андерсена	4	
6	Розподіл ймовірностей пробігів	4	
7	Вимірювання втрат енергії і пробігів заряджених	4	
8	Моделювання руху іонів у пакеті програм SRIM-TRIM	6	
	Разом	34	
Розділ 2. Вторинні процеси , які індуковані іонами.			
1	Потенційна іонно-електронна емісія.	5	КР,
2	Обробка степеневих спектрів емісії.	5	
3	Радіоактивні джерела електрики	5	
4	Іонно-фотонна емісія	5	
5	Теорія розпорошення П.Зігмунта.	5	
6	Точкові і протяжні дефекти твердого тіла	5	
	Разом	30	

6. Індивідуальні завдання
(немає)

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання, наочні методи навчання, практичні методи навчання. Головним словесним методом навчання є

лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

8. 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.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота														Разом	Екзамен	Сума	
Розділ 1								Розділ 2									
Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Тема 8	Тема 9	Тема 10	Тема 11	Тема 12	Тема 13	Тема 14				
Максимальна = 30								Максимальна=30						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	
50-59		
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Y.-H. Ohtsuki, Charged beam interaction with solids, Taylor and Francis; London (UK) 1983-248 p.
2. F. Ziegler, M.D. Ziegler, J.P. Biersack SRIM – The stopping and range of ions in matter, Chester (Md.) : SRIM, 2008, 2010.
3. Kevin L. Jensen Introduction to the Physics of Electron Emission, John Wiley & Sons, 2017 - 712 p.
4. Hiroshi Kudo Ion-Induced Electron Emission from Crystalline Solids, Springer Science & Business Media, 2001 - 164 p.
5. Gott, Yu. V. Yavlinskii, Yu. N The Interaction of Slow Particles with Matter and Plasma Diagnostics, DEFENSE TECHNICAL INFORMATION CENTER, Accession Number: ADA004514, 1974 – 158p.
6. Materials Science with Ion Beams, Editor Harry Bernas, Springer Science & Business Media, 2009 - 376 p.
7. N Tolk, Inelastic Ion-Surface Collisions, Elsevier, 2012 - 362 p.
8. Bernd Schmidt, Klaus Wetzig Ion Beams in Materials Processing and Analysis, Springer-verlags, Wien, 2012- 428p.
9. Mark Goorsky, Ion implantation, BoD – Books on Demand, 2012 - 450 p.
10. Inelastic Particle-Surface Collisions, Editors: Edmund Taglauer, Werner Heiland, Springer Series in Chemical Physics (CHEMICAL, volume 17), 1981- 248p.
11. B. A. Brusilovsky Kinetic ion-induced electron emission from the surface of random solids, , Applied Physics A volume 50, pages 111–129 (1990)
12. Wolfhard Möller Fundamentals of Ion-Surface Interaction, Technical University of Dresden, Issue: Winter 2003/2004
13. Physics and Applications of Secondary Electron Emission, A volume in Pergamon Science Series: Electronics and Waves—a Series of Monographs Book • Second Edition • 1962
14. Zakharov V.E., Karas V.I. Nonequilibrium Kolmogorov-type particle distributions and their applications, , Physics-Uspekhi (2013), 56(1): 49.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/>

На сайті велика кількість інформаційних матеріалів, підручників, які стосуються проходження заряджених частинок крізь речовину.

2. <https://phet.colorado.edu/>

Інтерактивні моделювання фізичних законів та роботи різноманітних приладів.

3. <http://www.srim.org/>

Пакет програм для розрахунків та моделювання руху іонів у речовині.

4. <https://www.iter.org/education/summerschools/NRNU-Moscow>

Збірник матеріалів щодо роботи ITER та проблемам першої стінки.

5. Курс використовує багато мультимедійних навчальних матеріалів: відеоролики ключових експериментів, анімації та приклади розв'язання задач, – все з дружніми коментарями оповідача.