

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан
фізичного факультету

Руслан БОВК
“ _____ ” _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ВЗАЄМОДІЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ»

спецкурс

рівень вищої освіти перший (бакалавр)
галузь знань 10 – природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 – фізика та астрономія
(шифр і назва)
освітня програма фізика
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни обов'язкова
(обов'язкова / за вибором)
факультет фізичний

2023/2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

30 серпня 2023 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Семінько В.В., доктор фіз.- мат. наук., професор кафедри фізики кристалів.

Програму схвалено на засіданні кафедри фізики кристалів

Протокол № 6 від 28 серпня 2023 року

Завідувач кафедри Гриньов Б. В.

(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньої (професійної/наукової) програми (керівником проектної групи) _____

назва освітньої програми

Гарант освітньої (професійної/наукової) програми
(керівник проектної групи)

Лазоренко О.В.

(підпис)

Програму погоджено методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 7 від 29 серпня 2023 року

Голова методичної комісії

Макаровський М.О.

(підпис)

Програма навчальної дисципліни «Взаємодія випромінювання з речовиною» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра напрямку 104 – фізика та астрономія

Предметом вивчення навчальної дисципліни є фізичні процеси, що виникають при взаємодії випромінювання із поверхнею твердих тіл.

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета: Ознайомити студентів з сучасним станом теорії та напрямками практичного використання досягнень одного із розділів радіаційної фізики: “Взаємодія важких багатозарядних іонів (ВБІ) з твердими тілами”. Саме цей розділ радіаційної фізики найбільш активно розвивається в останні роки і велика кількість одержаних результатів знаходить широке практичне використання.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни.

В спецкурсі викладаються основні закономірності взаємодії ВБІ з твердими тілами (кристалічними і аморфними); природа та властивості дефектів, що виникають при опромінюванні; особливості енергетичних втрат іонів у різних середовищах, природа і закономірності супроводжуваних ефектів - каналірування, фокусування, розпилення, блістеринга, флекінга. Обговорюються напрямки практичного використання пучків ВБІ. Здійснюються оцінки кількості дефектів, що створюються при опроміненні іонами різних мас та енергій. Курс призначений для студентів фізичних спеціальностей, які прослухали курс вищої математики і загальної фізики.

Компетентності, що забезпечуються дисципліною:

- Здатність розв’язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується складністю та невизначеністю умов. (ІК)
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. (ЗК 2)
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. (ЗК 3)
- Здатність приймати обґрунтовані рішення. (ЗК 5)
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт. (ЗК 8)
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов’язків. (ЗК 9)
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. (ЗК 12)
- Здатність спілкуватися іноземною мовою. (ЗК 13)
- Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії. (ФК 1)
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об’єктів, законів існування та еволюції Всесвіту. (ФК 7)
- Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи. (ФК 8)
- Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації. (ФК 9)

- Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей. (ФК 10)
- Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень. (ФК 12)
- Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук. (ФК 13)
- Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту (ФК 14)

1.3. Кількість кредитів – 3

1.4. Загальна кількість годин – 90

Характеристика навчальної дисципліни	
нормативна	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
5-й	-й
Лекції	
22 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
год.	год.
Самостійна робота	
68 год.	год.
Індивідуальні завдання	
1 курсова робота	

1.6. Заплановані результати навчання

У результаті вивчення даного курсу студент повинен знати:

1. Основні закономірності процесу гальмування ВБІ у середовищах з різними фізичними властивостями (металли, діелектрики, кристали, аморфні тіла).
2. Особливості змінення структури гальмуючого середовища (поверхні та об'єму): типи радіаційних дефектів, їх природу та механізми формування в залежності від енергії та маси ВБІ та умов опромінювання.
3. Методи дослідження структури пошкодженого шару та окремих дефектів.
4. Вплив орієнтаційних ефектів на процес пошкодження кристалів і напрямки руху ВБІ.
5. Основні напрямки практичного використання пучків ВБІ та прискорених частинок.

Студент повинен вміти:

Встановлювати основні механізми пошкодження різних типів твердих тіл при їх опромінюванні іонами з різними масами та енергіями. Оцінювати кількість крапкових дефектів, які виникають внаслідок опромінення; глибину пошкодженого шару, коефіцієнт распыления. Оцінювати розміри треків ВБІ в діелектриках та володіти методами практичного спостереження треків. Вміти оцінювати концентрацію домішок елементів, які поділяються при опромінюванні нейтронами. Передбачати характер змінення профілю поверхні при розпиленні. Користуватися спеціальною літературою і порівнювати дані теорії та практики.

Програмні результати навчання, що забезпечуються дисципліною:

- Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової 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 фізики та/або астрономії. (ПРН 1)
- Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них. (ПРН 2)
- Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій. (ПРН 3)
- Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії. (ПРН 5)
- Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії. (ПРН 6)
- Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації. (ПРН 7)
- Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань. (ПРН 8)
- Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. (ПРН 11)
- Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень. (ПРН 13)
- Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду. (ПРН 17)
- Розуміти значення фізичних досліджень для забезпечення сталого розвитку суспільства. (ПРН 22)
- Розуміти історію та закономірності розвитку фізики та астрономії. (ПРН 23)
- Мати навички самостійного прийняття рішень стосовно своїх освітньої траєкторії та професійного розвитку. (ПРН 25)

2. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Особливості фізики важких іонів (6 годин)

Лекція 1

1. Основні етапи розвитку радіаційної фізики. Роль фізики ВБІ в сучасній науці.
2. Фундаментальні та прикладні задачі фізики ВБІ. Основні напрямки практичного використання.
3. Нові види радіоактивності, кластерний розподіл важких ядер.

Лекція 2

1. Типи енергетичних втрат ВБІ в середовищі. Пружні та непружні енергетичні втрати ВБІ та їх залежність від швидкості руху ВБІ. Енергія іонізації та її фізичний зміст.
2. Заряд ВБІ. Правило Бора. Залежність заряду іона, що рухається в середовищі, від його швидкості. Поняття рівноважного заряду. Заряд уламка поділення ядра урану.
3. Застосовність класичної механіки для описування гальмування ВБІ в середовищі.

Література: 1, 4, 5, 7.

Лекція 3

1. Типи дефектів, що виникають при опромінюванні: точкові, лінійні, двумірні та трьохмірні.
2. Механізми утворення вакансій. Механізм Френкеля, стійкість пари Френкеля. Енергія утворення вакансій, її фізичний сенс. Методи дослідження вакансій.
3. Межвузельні атоми. Засоби їх розташування в кристалевій ґратці.
4. Дислокації.

Тема 2. Особливості парних взаємодій (4 години)

Лекція 4

1. Межатомні взаємодії. Особливості вибору системи відліку. Процес зіткнення частинок в системі центру мас.
2. Енергія віддачі. Особливості зіткнення частинок рівних мас.
3. Потенціали взаємодії: Кулоновський, екранований Кулоновський потенціал и потенціал Борна-Майера. Модель пружних твердих куль. Залежність ефективного радіуса кулі від енергії частинки.
4. Кореляція енергетичних втрат частинки, її заряду з потенціалами взаємодії.

Лекція 5

1. Траєкторії частинок, що рухаються, діна пробігу.

2. Рух частинки в центральному полі.

3. Прицельний параметр. Щільність потоку і доза опромінювання. Диференційний і повний переріз розсіювання. Конкретні приклади.

Литература: 1,2,4.

Тема 3. Радіаційні ефекти при пружних зіткненнях частинок (6 часів).

Лекція 6.

1. Умови розвитку лінійного каскаду атомних зіткнень. Модель Кінчина и Піза для оцінки каскадної функції. Порогова енергія для зсуву атома. Фізичний сенс каскадної функції. Оцінка кількості дефектів, які виникають у зіткненнях первинно зсунутого атома з іншими атомами.
2. Каскад зіткнень, в яких атоми заміщають один одного. Збіднені зони.
3. Задачі та приклади.

Лекція 7

1. Атермічні перебудови в каскаді зіткнень. Зона неустойчивості, мигаючі вакансії.
2. Теплові піки и піки зміщення. Розміри температурних піків. Експериментальні докази виникнення температурних піків и методи их винаходження.
3. Рішення задач.

Лекція 8

1. Розпилення твердих тіл при опромінюванні. Три режими розпилення. Залежність коефіцієнта розпилення від енергії іонів та угла опромінювання.
2. Развитие поверхностного рельефа при распылении.
3. Явище блістеринга и флекінга.

Литература: 1, 2, 4, 7, 8.

Висновки модуля 1 (2 години).

Тема 4. Радіаційні ефекти в області непружних енергетичних втрат ТМІ в гальмуючому середовищі (10 годин).

Лекція 9

1. Поняття гальмуючої здібності речовини.
2. Повні, упругие и ионизационные потери энергии частицей в среде. Зависимость $-dE/dx = f(E, v)$.
3. Основні особености упругого и неупругого торможения.
4. Связь зарядового состояния частицы с её энергетическими потерями.

Лекция 10

1. Механизмы формирования треков в диэлектриках. Механизм ионного взрыва, механизм электронно-термического пика. Размеры треков различных ионов.
2. Возбуждение ударных волн. Поверхностные треки и особенности их формирования.
3. Методы наблюдения треков: электронная микроскопия, химическое травление.

Лекция 11

1. Порог регистрации треков диэлектрическими детекторами.
2. Термическая устойчивость треков.
3. Направления практического использования треков. Получение трековых фильтров. Поиски сверхтяжелых элементов.

Лекция 12

1. Взаимодействие ТМИ с металлами. Оценка времен релаксации в электронной и фононной подсистемах металла. Оценка скачков температуры в электронной и фононной подсистемах металла.
2. Треки в островковых металлических пленках. История их открытия. Модель изолированной частицы. Эффект подпрыгивания металлических островков при импульсном разогреве.
3. Сбрасывание островков с поверхности под действием ударной волны.
Литература: 1 - 3, 5, 6, 9.

Тема 5. Ориентационные эффекты при облучении (4 часа).

Лекция 13

1. Фокусировка атомных столкновений. Энергия фокусировки. Недостатки модели твердых шаров.
2. Динамические краудионы. Условия их образования.
3. Влияние эффекта фокусировки на развитие каскада атомных столкновений.
4. Обеднённые зоны. Эффект Венера.

Лекция 14

1. Эффект каналирования. Критический угол каналирования. Потенциал канала.
2. Поверхностное каналирование. Эффект теней.
3. Практическое использование эффектов каналирования и фокусировки.
Литература: 1, 2.

Тема 6. Взаимодействие нейтронов, электронов и γ - квантов с веществом (4 часа).

Лекция 15

1. Виды взаимодействия нейтронов различных энергий с ядрами. Типы ядерных реакций. Дефекты, возникающие в тормозящей среде, при облучении нейтронами.
2. Спектроскопия осколков деления тяжелых ядер.

3. Особенности ослабления потоков γ - квантов в тормозящей среде. Фотоэффект, Комптон-эффект и эффект образования пар.

Лекция 16

1. Особенности образования вакансий в ионных кристаллах. Примесные и собственные вакансии. Зависимость их концентрации от температуры.
2. Оптические свойства ионных кристаллов. Центры окраски и полосы поглощения. F –центры и их исследование.
3. Радон и его роль в экологии окружающей среды.
Литература: 1, 2, 5.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин												
	Денна форма						Заочна форма						
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі					
		о	л	п	лаб	інд		ср	л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Тема 1.		4					12						
Тема 2.		4					8						
Тема 3		4					10						
Тема 4		2					10						
Тема 5		4					14						
Тема 6		4					14						
Усього годин	72	22					68						

8. Схема нарахування балів

Поточний контроль та самостійна робота							Контрольна робота	Курсова робота	Підсумковий контроль (залік)	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T5	T6				
20							20	20	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

14. Рекомендована література

Базова

1. Кондир А.І. Наноматеріалознавство і нанотехнології: навч. посібник для ВНЗ / А.І Кондир. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2017. – 452 с.
2. Проценко І. Ю., Наноматеріали і нанотехнології в електроніці. – Суми : Сумський державний університет, 2017 –155 с.
3. Дефектна структура, люмінесцентні властивості та антиоксидантна активність нанокристалів оксиду церію (CeO₂-x) / В. В. Семінько, П. О. Максимчук, - Харків. «ІСМА», 2022, 224 с.
4. D. Vollath Nanomaterials: An Introduction to Synthesis, Properties and Applications, Wiley, 2013. – 386 p.
5. A. Nabok. Organic and inorganic nanostructures. – Norwood: Artech House, 2005. – 268 p.
6. L. Novotny, B. Hecht. Principles of nano-optics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – 539 p.

Допоміжна

1. О.Ц. Сідлецький, Б.В. Гриньов Сцинтиляційні кристали на основі твердих розчинів заміщення – Харків: “ІСМА”, 2019. – 248 стр.
2. Гектін О.В., Волошиновський А.С., Заїченко О.С., Вістовський В.В., Малий Т.С., Жишкович А.В. Релаксація високоенергетичних збуджень у нанорозмірних матеріалах – Харків: “ІСМА”, 2018.– 216 стор.