

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра \_фізики кристалів\_\_\_\_\_

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Проректор з науково-педагогічної  
роботи ХНУ імені В.Н.Каразіна

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 \_\_ р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **ВЗАЄМОДІЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ З РЕЧОВИНОЮ**

спецкурс

Харків – 2020 – 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою фізичного факультету

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 \_\_\_\_\_ року, протокол № \_\_\_\_\_

Розробники: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади).  
Воробйова Інесса Василівна, доцент, кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики кристалів

Протокол № 11 від. “ 29 ” серпня \_\_\_\_\_ 2020 \_\_ р.

Завідувач кафедрою \_Гриньов Б.В. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (підпис) ( \_\_\_\_\_ )  
\_\_\_\_\_ 20\_\_ р (прізвище та ініціали)

Схвалено методичною комісією фізичного факультету

---

Протокол № 6 від. “29” серпня 2020\_\_ р.

Голова методичної комісії

(підпис)

( Макаровський М.О. )  
(прізвище та ініціали)

### Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<i>денна форма навчання</i>	<i>заочна форма навчання</i>
Кількість кредитів 2–	Галузь знань 0402 –фізико-математичні науки)	Нормативна (за вибором)	
	Напрямок підготовки 6.040203-фізика		
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____ (назва)	Спеціальність (професійне спрямування): _____ фізика _____	<b><i>Рік підготовки:</i></b>	
		3-й	-й
Загальна кількість годин -72		<b><i>Семестр</i></b>	
		5-й	-й
		<b><i>Лекції</i></b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 32 самостійної роботи студента - 40	Освітньо-кваліфікаційний рівень:	32 год.	год.
		<b><i>Практичні, семінарські</i></b>	
		год.	год.
		<b><i>Лабораторні</i></b>	
		год.	год.
		<b><i>Самостійна робота</i></b>	
		40 год.	год.
		<b><i>Контрольна робота</i></b>	
Вид контролю: залік			

## 1. Мета та завдання навчальної дисципліни

### 2.

**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.

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.

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.

**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 распылення. 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.

### **3. 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 відлику. Процес зіткнення частинок в системі центру мас.
2. Енергія віддачі. Особливості зіткнення частинок рівних мас.
3. Потенціали взаємодії: Кулоновській, екранірований Кулоновській потенціал и потенціал Борна-Майєра. 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.

Література: 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 і піки зміщення. Розміри температурних піків. Експериментальні докази виникнення температурних піків і методи їх винаходження.
3. Рішення задач.

## Лекція 8

1. Розпилення твердих тіл при опромінуванні. Три режими розпилення. Залежність коефіцієнта розпилення від енергії іонів та угла опромінування.
  2. Развитие поверхностного рельефа при распылении.
  3. Явище блістеринга і флекінга.
- Литература: 1, 2, 4, 7, 8.

Висновки модуля 1 (2 години).

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

### Лекція 9

1. Поняття гальмуючої здібності речовини.
2. Повні, упругі і іонізаційні втрати енергії частиць в середі. Залежність  $-dE/dx = f(E, v)$ .
3. Основні особливості упругого і неупругого гальмування.
4. Зв'язок зарядового стану частинки з її енергетичними втратами.

### Лекція 10

1. Механізми формування треків в діелектриках. Механізм іонного вибуху, механізм електронно-термічного піка. Розміри треків різних іонів.
2. Возбудження ударних хвиль. Поверхні треків і особливості їх формування.
3. Методи спостереження треків: електронна мікроскопія, хімічне травлення.

### Лекція 11

1. Порог реєстрації треків діелектричними детекторами.
2. Термічна стійкість треків.
3. Напрямки практичного використання треків. Отримання треківих фільтрів. Пошуки надважких елементів.

### Лекція 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 $\gamma$ - 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  $\gamma$  - квантов в тормозящей среде. Фотозэффект, 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 о	у тому числі					Усього	у тому числі													
		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.		6				8						
Тема 2.		4				4						
Тема 3		6				8						
Тема 4		8				10						
Тема 5		4				5						
Тема 6		4				5						
<b>Усього годин</b>	72	32				40						
Індивідуальне науково-дослідне завдання												
<b>Усього годин</b>												

#### 4. Самостійна робота

5.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

#### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
...		

#### 8. Самостійна робота



№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	...	...
2	...	...
	Разом	

### **9. Індивідуальне навчально - дослідне завдання**

### **10. Методи навчання**

### **11. Методи контролю**

### **12. Розподіл балів, які отримують студенти**

#### **Приклад для заліку**

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Модуль 1					Модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	100

T1, T2 ... T9 – теми модулів

### Приклад для екзамену

Модуль 340100Поточне тестування та самостійна робота											Підсумкови й семестровий контроль (екзамен)	Сума
T8 T9 T10 T11 T12	T2					T3					T4	T5
Модуль 2												
Модуль 1												
T6												
T7												

T1, T2 ... T12 – теми модулів

### Приклад за виконання курсової роботи

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до _____	до _____	до _____	100

**Для кожної теми модуля вказати форми контролю навчальних здобутків студентів та критерії оцінювання.**

**Для кожного модуля вказати мінімальну кількість балів, які повинен набрати студент для зарахування модуля.**

**Вказати умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю.**

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	<b>A</b>	відмінно	зараховано
80-89	<b>B</b>	добре	
60-69 70-79	<b>D</b>		
50-59	<b>E</b>		
1-49	<b>FX</b>		

### 13. Методичне забезпечення

1. ....

### 14. Рекомендована література

**Базова**

1. ....

**Допоміжна**

1. ....

**15. Інформаційні ресурси**

1. ....