

# КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра фізики функціональних матеріалів

«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Декан фізичного факультету




## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Фізика високоезбуджених станів для аспірантів

галузь знань	10: Природничі науки
спеціальність	104: Фізика та астрономія
освітньо-науковий ступень	доктор філософії
освітня програма	фізика та астрономія
вид дисципліни	дисципліни вільного вибору

Форма навчання	<u>денна/заочна</u>
Навчальний рік	2018/2019
Семестр	<u>2</u>
Кількість кредитів ECTS	<u>4</u>
Мова викладання, навчання та оцінювання	<u>українська</u>
Форма заключного контролю	<u>іспит</u>

Викладач: д.ф.-м.н., професор Куліш Микола Полікарпович

Пролонговано: на 2019/2020 н.р.  (Оліх О.Я.) «10»\_05\_.2019 р. №21  
(підпис, ПШБ, дата)  
на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_»\_\_ 20\_\_р.  
(підпис, ПШБ, дата)

КИЇВ – 2018

Розробники: Куліш Микола Полікарпович доктор фіз.-мат. наук, професор,  
завідувач кафедри фізики функціональних матеріалів

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри фізики функціональних матеріалів

  
(підпис)

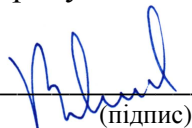
(Куліш М.П.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол від «14» \_\_05\_\_ 2018 р. за № 11

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від «\_16\_» \_\_04\_\_ 2018 року № 12

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис)

(Зеленський С.Є.)  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

**1. Мета дисципліни** – оволодіння аспірантами знаннями з фізики високозбуджених станів, радіаційних пошкоджень кристалічних речовин, радіаційних дефектів, кінетики відпалу радіаційних дефектів, радіаційно-стимульованих процесів, радіаційної фізики полімерів як наукової основи для сучасних радіаційних технологій модифікації функціональних матеріалів.

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:**

1. Знати основні характеристики взаємодії бомбардуючи частинок з речовиною, типи радіаційних пошкоджень, механізми їх міграції, опис концентраційних профілів точкових дефектів, ефективності стоків, їх отруєння домішковими атомами, кінетики радіаційних дефектів за різних умов, радіаційно-стимульованої дифузії атомів, радіаційно-стимульованої сегрегації і виділення фаз, упорядкування та спадковості в сплавах, вакансійного розпухання, радіаційного зміцнення, вплив опромінення на полімери.
2. Вміти творчо вибирати методи опису високо збуджених станів та радіаційних пошкоджень функціональних матеріалів під дією різних бомбардуючих частинок та їх впливу на радіаційну модифікацію фізичних властивостей, самостійно вивчати і використовувати літературу з даної дисципліни.

**3. Анотація навчальної дисципліни / референс:**

В рамках курсу «Фізика високозбуджених станів» вивчаються: методи отримання збуджених станів речовини, зокрема функціональних матеріалів, електронна та атомна структура матеріалів, характер впливу збуджуючого випромінювання на кристалічні структури, методи модифікації функціональних матеріалів шляхом використання збуджуючого випромінювання.

**4. Завдання (навчальні цілі)** – формування фізичного мислення у в межах матеріалу, що вивчається. Оволодіння навиками творчого розв'язування фізичних задач з використанням сучасних програм і обчислювальної техніки та сприяння розвитку логічного і аналітичного мислення для вирішення проблем радіаційної фізики.

Дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних компетентностей:

**Інтегральних:**

Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

**Загальних:**

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- Здатність працювати в міжнародному контексті.
- Здатність працювати автономно та в команді.
- Здатність розробляти та управляти проектами.
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
- Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.
- Здатність діяти соціально відповідально та свідомо, нести повну відповідальність за самостійно виконану роботу.

**Фахових:**

- Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей низькорозмірних систем різних типів та знання фізики низькорозмірних напівпровідників.
- Здатність використовувати знання й уміння в галузі практичного використання комп'ютерних технологій для дослідження низькорозмірних систем.
- Здатність застосовувати методи теорії рідких кристалів.

**5. Результати навчання за дисципліною:** (описуються з детальною достовірністю для розробки заходів оцінювання)

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати основи методології та організації наукових досліджень, роботи зі збуджуючим випромінюванням. Методами дослідження високотемпературних станів.	Лекції Самостійна робота	Опитування в процесі лекції, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи, іспит	15
1.2	Знати основи теорії твердого тіла та процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами та кристалами. Типи високоінтенсивного випромінювання, комп'ютерне моделювання взаємодії випромінювання з речовинами різної природи.	Лекції Самостійна робота Практичні роботи	Опитування в процесі лекції, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи, Звіти про виконання практичних робіт, іспит	15
1.4	Знати особливості будови, фізичних властивостей та елементарних збуджень наноструктур, теоретичних моделей, що застосовуються для їх опису та методів експериментального дослідження.	Лекції Самостійна робота Практичні роботи	Опитування в процесі лекції, іспит	15
1.6	Знати принципи побудови низькорозмірних систем, сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики низькорозмірних систем. Рентгеноструктурний аналіз, ІЧС, методи дослідження за допомогою плазмонного резонансу.	Лекції Самостійна робота Практичні роботи		15
1.7	Знати теоретичні методи опису процесів розсіювання рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами на дефектах кристалів.	Лекції Самостійна робота	Опитування в процесі лекції, іспит	10
1.8.	Знати основи фізики напівпровідникових низькорозмірних систем, явища екранування носіїв заряду, приповерхневого квантування, основи ємнісної спектроскопії, процесів саморегулювання при одержанні та дослідження напівпровідникових низькорозмірних систем, включаючи квантові ями, дроти, точки, надгратки.	Лекції Самостійна робота	Опитування в процесі лекції, перевірка рефератів та інших форм самостійної роботи, іспит	5
1.9.	Знати основи методології та організації наукових досліджень. Знати методи отримання, особливості структури та властивості металевих систем. Знати програмні пакети для розрахунку електронної та атомної структури матеріалів	Лекції Самостійна робота	Опитування в процесі лекції, іспит	10
2.9.	Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів, спектрів ІЧС та СЕМ.	Лекції Самостійна робота Практичні роботи	Звіти про виконання практичних робіт, іспит	5
4.3	Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.	Самостійна робота	Опитування в процесі лекції	5
5.1	Знати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії.	Лекції Самостійна робота	Опитування в процесі лекції, іспит	5
5.2	Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.	Самостійна робота	Опитування в процесі лекції	5

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін)

Результати навчання дисципліни	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.9	4.3	5.1	5.2
<b>Програмні результати навчання</b>											
ПРН 1.1. Знати основи методології та організації наукових досліджень.	+	+									
ПРН 1.2. Знати основи теорії твердого тіла та процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами та кристалами.		+									
ПРН 1.4. Знати особливості будови, фізичних властивостей та елементарних збуджень наноструктур, теоретичних моделей, що застосовуються для їх опису та методів експериментального дослідження.		+	+	+		+					
ПРН 1.6. Знати принципи побудови низькорозмірних систем, сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики низькорозмірних систем.	+			+	+	+					
ПРН 1.7. Знати теоретичні методи опису процесів розсіювання рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами.											
ПРН 1.8. Знати основи фізики напівпровідникових низькорозмірних систем, явища екранування носіїв заряду, приповерхневого квантування, основи ємнісної спектроскопії, процесів саморегулювання при одержанні та дослідження напівпровідникових низькорозмірних систем, включаючи квантові ями, дроти, точки, надгратки.				+	+	+					
ПРН1.10. Знати основи методології та організації наукових досліджень							+				
ПРН 1.11. Знати методи отримання, особливості структури та властивості металевих систем.							+				
ПРН 1.12. Знати програмні пакети для розрахунку електронної та атомної структури матеріалів.							+				
ПРН 2.9. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів.				+			+	+			
ПРН 4.3. Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами.									+	+	
ПРН 5.1. Знати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії.										+	+
ПРН 5.2. Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження.											+

## 7.Схема формування оцінки.

### 7.1 Форми оцінювання студентів:

#### - семестрове оцінювання:

1. *Усне опитування: РН 1.1, 3.2- 10 балів / 5 балів*
2. *Захист звітів практичних робіт: РН 2.1-2.3, 3.2 - 10 балів / 5 балів*
5. *Захист звітів практичних робіт 2: РН 2.1-2.3, 3.2 - 10 балів / 5 балів*
6. *Захист реферату: РН 1.2, 3.1 - 10 балів / 5 балів*

#### - підсумкове оцінювання: у формі іспиту

*Підсумкова оцінка з освітнього компонента в цілому, підсумковою формою контролю за яким встановлено іспит, визначається як сума оцінок (балів) за всіма успішно оціненими результатами навчання під час семестру (оцінки нижче мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються) та оцінки, отриманої під час іспиту. Формою проведення іспиту є написання письмової роботи з подальшою усною співбесідою. Результатами навчання, які оцінюються на іспиті, є РН 1.1-3.2. Максимальна кількість балів, яка може бути отримати здобувачем освіти під час іспиту, становить 60 балів за 100 бальною шкалою. Перескладання семестрового контролю з метою покращення позитивної оцінки не допускається.*

#### - умови допуску до підсумкового іспиту:

*Обов'язковою умовою допуску до іспиту є відпрацювання всіх практичних робіт.*

### 7.2. Організація оцінювання:

*Захист звітів практичних робіт проводиться упродовж семестру.*

### 7.3 Шкала відповідності оцінок

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59

## 8. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	практ.	сам роб.
<i>Розділ 1. Радіаційні пошкодження кристалів та радіаційні дефекти</i>				
1	<b>ТЕМА 1.</b> Вступ Радіаційні пошкодження кристалів. Взаємодія бомбардуючих частинок з атомами. Радіаційні пошкодження в моделі твердих куль. Радіаційні пошкодження іонами. Радіаційні пошкодження -квантами. Радіаційні пошкодження нейтронами. Радіаційні пошкодження електронами. Втрати енергії та глибина проникнення електронів. Швидкість зміщення атомів за умови бомбардування електронами. Механізм втрат енергії бомбардуючих іонів. Втрати енергії іонів у випадку пружних зіткнень. Втрати енергії за непружних зіткнень. Пробіги і розподіл іонів у твердому тілі. Каскадні функції. Швидкість утворення та число атомних зміщень.	4	2	20
2	<b>ТЕМА 2.</b> Радіаційні дефекти та їх конфігураційні профілі. Нерівноважні та термічно рівноважні точкові дефекти. Конфігурація точкових дефектів. Енергія утворення точкових дефектів. Механізми та енергія міграції точкових дефектів. Комплекси точкових дефектів з домішками. Комплекси точкових дефектів з інертними газами. Відпал радіаційних дефектів. Концентраційні профілі радіаційних дефектів у випадку опромінення легкими іонами.	4	0	20
3	<b>ТЕМА 3.</b> Кінетика відпалу радіаційних дефектів. Дифузійні рівняння міграції точкових дефектів. Ефективність стоків точкових дефектів. Отруєння стоків домішковими атомами. Дифузія радіаційних дефектів у випадку анігіляції міжвузлових атомів на стоках. Кінетика радіаційних дефектів у випадку анігіляції вакансій на стоках. Кінетика радіаційних дефектів за довільних температур опромінення. Кінетика відпалу вакансій за умови їх взаємодії з домішками. Кінетика радіаційних дефектів у напівпровідниках.	2	0	20
<i>Радіаційні явища та радіаційна фізика полімерів</i>				
4	<b>Тема 4.</b> Радіаційно-стимульовані процеси. Дифузія атомів в кристалах. Механізми міграції атомів у напівпровідниках. Радіаційно-стимульована дифузія у випадку однорідного розподілу дефектів. Радіаційно-стимульована дифузія у випадку неоднорідного розподілу дефектів. Радіаційно-стимульована дифузія у напівпровідниках. Іонна імплантація напівпровідників. Протонно-стимульована дифузія у напівпровідниках. Вакансійне розпухання. Радіаційна повзучість за відсутності петель.	4	0	20
5	<b>Тема 5</b> Радіаційна фізика полімерів. Вплив опромінення на полімери. Фізико-хімічні перетворення полімерів за умови опромінення. Вплив надмолекулярної організації полімерів на радіаційно-стимульовані перетворення. Радіаційна електропровідність полімерів. Радіаційна повзучість і радіаційна довговічність полімерів.	4	2	16
<b>ВСЬОГО</b>		<b>18</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

**Загальний обсяг 120 год.**, в тому числі:

Лекцій – **18 год.**

Практичні заняття – **4 год.**

Консультації - **2 год.**

Самостійна робота - **96 год.**

## 9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

### *Основна: (Базова)*

1. Дамаск А, Динс Дж. Точечные дефекты в металлах. – М.: Мир, 1966, - 282 с.
2. Радиационная химия полимеров. Под ред. В.А.Каргина. – М.: Наука, 1973, - 454 с.
3. Винецкий В.Л., Холодарь Г.А. Радиационная физика полупроводников. – Киев: Наукова думка, 1979, - 336 с.
4. Аброян И.А., Андронов А.Н., Титов А.И. Физические основы электронной и ионной технологии. – М.: Высшая школа, 1984 – 320 с.
5. Ахиезер И.А., Давыдов Л.Н. Введение в теоретическую радиационную физику металлов и сплавов. – Киев: Наукова думка, 1985, - 144 с.
6. Ибрагимов Ш.Ш., Кирсанов В.В., Пятилетов Ю.С. Радиационные повреждения металлов и сплавов. – М.: Энергоатомиздат, 1985, - 140 с.
7. Фазовые превращения при облучение. Под ред. Ф.В. Нолдои. – Челябинск: Металлургия, 1989, - 312 с.
8. Джафаров Т.Д. Радиационно-стимулированная диффузия в полупроводниках. – М.: Энергоатомиздат, 1991, -288 с.
9. Физика радиационных явлений и радиационное материаловедение. Под ред. А.М. Паршина, И.М.Неклюдова, Н.В. Камышанченко. – М.- С. Пт., 1998, - 378 с.
10. Воеводин В.Н., Неклюдов И.М. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов. – Киев: Наукова думка, 2006, - 375с.
11. Булавін Л.А., Дмитренко О.П., Куліш М.П. Радіаційна фізика. – ВПЦ Київський університет, 2009, - 498 с.

### *Додаткова:*

1. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Федоров В.Є. Електронна структура та властивості твердих тіл. Київ 2004, - 256с.
2. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. – М.: Наука, 1987, - 448 с.
3. Шалаев А.М. Радиационно-стимулированные процессы в металлах. – М.: Энергоатомиздат, 1988, - 176 с.