

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра оптики



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Основи фізики матеріалів оптотехніки**  
**Fundamentals of Optotechnique Materials**  
для здобувачів освітньо-наукового рівня  
Доктор філософії

галузь знань	<b>10 Природничі науки Natural sciences</b>
спеціальність	<b>104 Фізика та астрономія (Physics and astronomy)</b>
освітній рівень	<b>третій (освітньо-науковий)</b>
освітня програма	<b>«Фізика та астрономія»</b>
вид дисципліни	<b>Вибіркова</b>

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

Викладачі: Поперенко Л.В.

Пролонговано: на 2019/2020 н.р. \_\_\_\_\_ (Оліх О.Я.) «10»\_\_05\_\_2019 р. №21  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_»\_\_20\_\_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20\_\_/20\_\_ н.р. \_\_\_\_\_ («\_\_»\_\_20\_\_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

Розробник(и): Поперенко Л.В., д.ф.-м.н., професор, зав. кафедри оптики

---

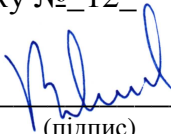
ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри  Поперенко Л.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 11 від « 01 » 03 2018 р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол від « 16 » 04 2018 року № 12

Голова науково-методичної комісії  (Зеленський С.Є.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**1. Мета дисципліни** – вивчення, засвоєння і застосування фундаментальних фізичних принципів, на яких базуються засади новітніх технологій і конструкторських розробок в галузі оптотехніки та оптичного матеріалознавства на рівні атомно-молекулярної інженерії завдяки створенню структур з осадженими шарами різної провідності, гетероструктур та періодичних квантових наноструктур як складових оптичних елементів

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності):**

1. Знати основні принципи теорії твердого тіла, підходи до опису поведінки електронної та іонної (атомної) підсистем конденсованих середовищ і особливостей їхнього відгуку на збудження електромагнітною хвилею, розрахунку енергетичних спектрів густини електронних станів як для упорядкованих, так і розупорядкованих систем.

2. Вміти запропонувати експериментальні методи визначення оптичних і електронних характеристик як суцільних, так і наноструктурованих середовищ, які використовують у пристроях оптоелектроніки, лазерної техніки та інформаційних мереж.

3. Володіти навичками проведення оптичних поляризаційних вимірювань для неоднорідних поверхневих шарів середовищ з різною провідністю, знаходження кутових, азимутальних та спектральних еліпсометричних характеристик і розрахунку товщин та оптичних сталих напівпровідникових гетероструктур і тонких плівок на металевих поверхнях

**3. Анотація навчальної дисципліни:**

“**Основи фізики матеріалів оптотехніки**” включає вивчення розділів: основні фізичні процеси, що супроводжують взаємодію світла із різноманітними матеріалами від прозорих до сильнопоглинальних з урахуванням втрат за рахунок поглинальної та розсіювальної компонент при його проходженні через тонкі перехідні та відбивальні поверхневі шари середовищ з різною провідністю, оптичні властивості та атомно-електронна будова монокристалів напівпровідників, некристалічних діелектричних матеріалів, аморфних металевих сплавів, нанокристалічних твердих тіл, розробка нових методів гоніополяриметрії і алгоритмів обробки експериментальних оптичних даних.

**4. Завдання (навчальні цілі):**

Основне завдання курсу – ознайомлення аспірантів з фізичними засадами забезпечення прецизійних оптичних вимірювань діелектричної проникності і геометричних параметрів поверхневих шарів середовищ з різною провідністю та складових гетероструктур, які функціонують завдяки ефекту збудження поверхневого плазмонного резонансу у надчутливих сенсорах, методами і засобами оптичних (фотометричних, інтерферометричних, частотних, фур’є-спектрометричних і поляриметричних) вимірювань. Надати можливість аспіранту в подальшому під час проведення ним оптичних експериментів ознайомитися із відповідними устаткуванням та стандартним обладнанням для атомно-силової мікроскопії в задачах метрології нанооб’єктів.

**5. Результати навчання за дисципліною:**

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Методи викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Основні принципи теоретичних підходів до розрахунку енергетичних спектрів густини станів матеріалів з різною провідністю і особливості їхнього оптичного відгуку	Лекції	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом надання відповідей на конкретну кількість питань за тестом 1	8
1.2	Особливості оптичного поглинання неупорядкованих матеріалів аморфних напівпровідників і металевих сплавів: перколяційний перехід	Лекції	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом надання відповідей на конкретну кількість питань за тестом 2	8
1.3	Оптичні методи в метрології нанооб’єктів з визначенням параметрів морфологічної будови поверхневих шарів та їхньої діелектричної	Лекції	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом відповідей на	8

	провідності		конкретну кількість питань за тестом 3, модульна контрольна робота 1	
2.1	Застосувати набуті знання при виконанні фотометричних, інтерферометричних, частотних, спектрометричних та поляризаційних вимірювань	Лекції та лабораторні	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом надання відповідей на конкретну кількість питань за тестом 4	8
2.2	Використати набуті навички в експерименті за темою дисертаційної роботи	Лекції та лабораторні	Щотижневий контроль попереднього матеріалу шляхом надання аспірантом відповідей на конкретну кількість питань за тестом 5, модульна контрольна робота 2	8

## 6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2
<b>Програмні результати навчання (назва)</b>					
<b>ПРО1</b> Знати і розуміти сучасні методи наукових досліджень, організації і планування експерименту і комп'ютерних методів досліджень та опрацювання результатів вимірювань	+	+			+
<b>ПРО8</b> Володіти сучасними методами і методиками проектування і дослідження, а також аналізу і обробки отриманих результатів			+	+	+
<b>ПР12</b> Вільно проектувати та обговорювати наукові результати державною мовою та англійською або однією із мов краї ЄС в усній і письмовій формах, а також вести наукову дискусію	+		+		+
<b>ПР14</b> Розуміти основи патентознавства та мати навички захисту інтелектуальної власності		+		+	
<b>ПР16</b> Застосовувати сучасні методи теоретичних і експериментальних досліджень з оцінювання точності отриманих результатів вимірювань, вміти формулювати обґрунтовані висновки	+			+	+

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 1.3. Знати основи теорії та методики експериментальних досліджень елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	+
ПРН 1.4. Знати особливості будови, фізичних властивостей та елементарних збуджень наноструктур, теоретичних моделей, що застосовуються для їх опису та методів експериментального дослідження.	+
ПРН 1.5. Знати основи теорії та методики експериментальних досліджень властивостей матеріалів..	+
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.	
ПРН 1.9. Знати загальні методи представлення та передачі інформації та основні способи побудови локальних мереж та методи поєднання їх між собою.	
ПРН 1.10. Знати методи чисельних розрахунків і обробки результатів експериментів і спостережень.	+
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 1.13. Знати дифракційні методи для дослідження неупорядкованих структур.	
ПРН 1.14. Знати методи отримання та відповідні особливості структури та властивостей функціональних матеріалів.	+
ПРН 1.15. Знати експериментальні методи дослідження функціональних матеріалів.	
ПРН 1.16. Знати методи квантово-хімічних розрахунків.	
ПРН 1.17. Знати програмні пакети - GAUSSIAN, MATLAB, Mathematica, Origin.	
ПРН 2.1. Здійснювати основні типи спектроскопічних досліджень зразків у конденсованому стані, обробляти та аналізувати результати таких досліджень.	+
ПРН 2.2. Застосовувати наявні та створювати нові теоретичні моделі для опису процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з молекулами, кристалами та наночастинками.	+
ПРН 2.3. Здійснювати розрахунки енергетичного спектру електронних та коливальних елементарних збуджень молекул, кристалів та наночастинок.	
ПРН 2.4. Вміти формулювати фізичні принципи дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними системами; планувати та виконувати експеримент в галузі дослідження низькорозмірних систем;	

ПРН 2.5. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними та нанорозмірними системами.	
ПРН 2.6. Вміти застосовувати знання із функціонування та діагностики низько розмірних напівпровідникових систем, планувати та виконувати фізичний експеримент в галузі фізики низькорозмірних напівпровідникових систем.	
ПРН 2.7. Володіти методами кодування та стиснення даних, вміти визначати основні характеристики найпоширеніших технологій локальних мереж та критерії вибору маршруту доправлення пакетів.	
ПРН 2.8. Вміти обирати відповідні програмні пакети для розрахунків фізичних властивостей низькорозмірних систем.	
ПРН 2.9. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів.	
ПРН 2.10. Вміти встановлювати зв'язки між особливостями структури та властивостями металевих систем.	
ПРН 2.11. Вміти обирати відповідні програмні пакети для наукових розрахунків.	
ПРН 2.12. Вміти застосовувати квантово-хімічні розрахунки для органічних молекулярних систем.	
ПРН 2.13. Вміти проводити дослідження будови, конформації, електронних, коливних, фізико- механічних, радіаційних, радіобіологічних, радіоекологічних властивостей функціональних матеріалів.	
ПРН 3.1. Володіти здатністю презентувати результати своїх досліджень на наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій діяльності;	
ПРН 3.2. Формулювати висновки фізичних досліджень у формі, що відповідає можливостям сприйняття не спеціалістів.	
ПРН.4.1. Аналізувати наукові праці, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання;	+
ПРН 4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми;	+
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 аспірантіва:

**- семестрове оцінювання:**

1. Модульна контрольна робота 1: 5 балів
2. Модульна контрольна робота 2: 5 балів

**- підсумкове оцінювання у формі іспиту: - 50 балів**

**- умови допуску до підсумкового заліку:**

Аспірант не допускається до екзамену, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

**7.2 Організація оцінювання:** (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).

### 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
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59



## 8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	практичні	самостійна робота
1	<b>Вступ.</b> <b>Тема 1.</b> Структура кристалів і симетрія просторової ґратки. Пряма та обернена ґратки кристала. / Crystal structure and symmetry of the spatial lattice. Direct and reciprocal crystal lattices.	1	1	6
2	<b>Тема 2.</b> Коливання атомів у кристалічних тілах. / Vibrations of atoms in crystalline media	1		5
3	<b>Тема 3.</b> Електрони у твердих тілах: вільний електронний газ у тривимірному та двовимірному випадках. / Electrons in the solids: free electron gas in three- and two-dimensional cases.	1		5
4	<b>Тема 4.</b> Адіабатичне наближення. Коливання ґратки. / Adiabatic approximation. Vibrations of a lattice.	1		5
5	<b>Тема 5.</b> Метод Хартрі – Фока і розрахунки електронної зонної структури. / The Hartree - Fock method and electronic band structure calculations.	1		5
6	<b>Тема 6.</b> Електрони в ідеальному кристалі та особливості їхньої поведінки в нанокристалах. / Electrons in perfect crystal and the peculiarities of their behavior in nanocrystals.	1		5
7	<b>Тема 7.</b> Зони Бріллюена для 3- та 2-вимірних структур. / The Brillouin zones for 3- and 2-dimensional structures.	1		6
8	<b>Тема 8.</b> Наближення слабкозв'язаних електронів. / The approximation of weakly coupled electrons.	1		5
9	<b>Тема 9.</b> Теоретико-групова класифікація електронних станів у симетричних точках зони Бріллюена кристалів та поверхневих станів. / Theoretical-group classification of electronic states at symmetric points of the Brillouin zone of crystals and surface states.	1		6
10	<b>Тема 10.</b> Класифікація твердих тіл за величиною забороненої зони та провідністю. Специфіка електронної будови наноструктур. / Classification of the solids by the bandgap and conductivity values. The specificity of the electronic structure of the nanostructures.	1	1	5
11	<b>Тема 11.</b> Поверхня Фермі та експериментальні методи її визначення. / The Fermi surface and experimental methods for its determination.	1		5
12	<b>Тема 12.</b> Специфіка взаємодії світла із суцільними середовищами і шаруватими системами: оптичні властивості і методи їх визначення. / Specificity of the interaction of light with continuous media and the layered systems: optical properties and methods for their determination.	1		6

13	<b>Тема 13.</b> Відбиття світла суцільними і шаруватими середовищами з різною провідністю. / The reflection of light from continuous solids and the layered media with different conductivity.	1		5
14	<b>Тема 14.</b> Експериментальні методи визначення оптичних сталих $n$ і $\kappa$ суцільних і шаруватих середовищ. / Experimental methods for the determination of optical constants $n$ і $\kappa$ of solids and the layered media.	1	1	5
15	<b>Тема 15.</b> Оптичні та електронні властивості твердих тіл: основні положення теорії поглинання світла неупорядкованим суцільним середовищем. / Optical and electronic properties of the solids: basic principles of the theory of light absorption in a disordered continuous medium.	1		6
16	<b>Тема 16.</b> Оптичні властивості напівпровідникових моно- і нанокристалів. / Optical properties of single semiconductor and nanocrystals.	1		5
17	<b>Тема 17.</b> Оптичні властивості та структура некристалічних діелектричних матеріалів і монокристалів. / Optical properties and the structure of non-crystalline dielectric materials and single crystals.	1	1	6
18	<b>Тема 18.</b> Оптичні властивості та атомно-електронна будова аморфних металевих сплавів і покриттів. Optical properties and atomic-electronic structure of amorphous metal alloys and coatings.	1		5
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>96</b>

\*Примітка: слід зазначити також теми, винесені на самостійне вивчення

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

Лекцій – **18 год.**

Практичні заняття - **4 год.**

Самостійна робота - **96 год.**

Консультації – **2 год.**

## 9. Рекомендовані джерела:

### Основна:

1. Emil Wolf. Introduction to the Theory of Coherence and Polarization of Light / Emil Wolf. – New York: United States of America by Cambridge University Press, 2007.
2. Max Born, Emil Wolf. Principles of Optics. Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light. / Max Born, Emil Wolf. – New York: United States of America by Cambridge University Press, 1999.
3. B.E.A. Salen, M.C. Teich. Fundamentals of Photonics / Salen B.E.A., Teich M.C. – USA: John Wiley & Sons, Inc, 1991.
4. William T. Silfvast. Laser Fundamentals / William T. Silfvast. – New York: Cambridge University Press, 1996.
5. Займан Дж. Вычисление Блоховских функций / Дж. Займан. – Москва: Мир, 1973.
6. Harald Ibach, Hans Luth. Solid-state physics. An Introduction to Theory and Experiment / Harald Ibach, Hans Luth. – Berlin: Springer-Verlag, 1990.
7. Hans Luth. Surfaces and Interfaces of Solids / Hans Luth. – Berlin: Springer-Verlag, 1993.

8. Ньюнхем, Р. Э. Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура / Р. Э. Ньюнхем. – Москва ; Ижевск : ИЦЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Ин-т компьютерных исследований, 2007.
9. Садовский, М. В. Высокотемпературная сверхпроводимость в сложных соединениях на основе железа / М. В. Садовский // УФН. – 2008. – Т. 178, № 12. – С. 1243–1271.
10. Павинский, П. П. Введение в теорию твердого тела : учебное пособие / П. П. Павинский. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1979.
11. Эварестов, Р. А. Квантово-химические методы в теории твердого тела : учебное пособие / Р. А. Эварестов. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1982.
12. Гусев, А. И. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле / А. И. Гусев. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007.
13. Hiroyuki Fujiwara. Spectroscopic Ellipsometry Principles and Applications / Hiroyuki Fujiwara. – Tokyo: Mazuren Co. Ltd, 2003.

*Додаткова:*

1. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела : в 2 т. / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. – М. : Мир, 1979. – Т. 1.
2. Акустические кристаллы : справочник ; под. ред. М. П. Шаско-льской. – М. : Наука, 1982.
3. Stephen Elliot. The physics and chemistry of solids / Stephen Elliot. – West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd, 1998.
4. Snezhkova Olesia. Surface-Induced Modification of Supported Late Transition Metal Complexes / Olesia Snezhkova. – Lund, Sweden: Lund University, 2016.