

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет

Кафедра експериментальної фізики



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Сучасні проблеми фізики плазмонних наноструктур

для аспірантів

галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 104 Фізика та астрономія
(шифр і назва спеціальності)
освітній рівень доктор філософії
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр, доктор філософії)
освітня програма Фізика
(назва освітньої програми)
спеціалізація 104 – Фізика та астрономія
(за наявності) (назва спеціалізації)
вид дисципліни вибіркова

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

Викладачі: професор Єщенко Олег Анатолійович

(Науково-педагогічні працівники, які забезпечують викладання даної дисципліни у відповідному навчальному році)

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)

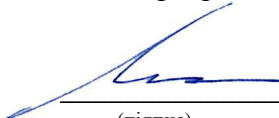
на 20__/20__ н.р. _____ («__»__ 20__ р.

(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2018

Розробники: Єщенко Олег Анатолійович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри експериментальної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

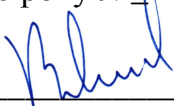
ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри експериментальної фізики


_____ (Ящук В.М.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Протокол № 6 від « 22 » 02 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)

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання знань про процеси виникнення, розповсюдження та загасання поверхневих хвиль, які виникають у системі вільних електронів у металах поблизу поверхні розділу метал-діелектрик. Ознайомлення аспірантів з фізичними механізмами впливу розмірів, морфології, розмірності та ступеня упорядкованості металевих наноструктур на їх оптичні властивості, а також з сучасними експериментальними методиками їх досліджень.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. знання методів класичної електродинаміки, оптики, квантової механіки, експериментальні та теоретичні методи спектроскопії кристалів та молекулярної спектроскопії.
2. уміння кількісно аналізувати та інтерпретувати спектральну інформацію, отриманої зі спектрів поглинання, розсіяння та фотолюмінесценції, робити висновки про домінуючі фізичні механізми, що визначають оптичні спектри досліджуваних систем; використовувати теоретичні аналітичні методи та методи комп'ютерного моделювання для розрахунків електронних оптичних спектрів наноструктур.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Дисципліна «Сучасні проблеми фізики плазмонних наноструктур» належить до переліку дисциплін вільного вибору аспіранта. Внаслідок їх унікальних оптичних властивостей плазмонні наноструктури займають на сьогодні суттєву нішу як у фундаментальних дослідженнях, так і в ряді прикладних та технологічних застосувань. У курсі буде розглянуто стан сучасних досліджень та застосувань плазмонних наноструктур у сенсоріці, спектроскопії поверхневого підсилення та технологіях субмікронних хвилеводів. Методи викладання: лекції, консультації, практичні заняття. Методи оцінювання: опитування під час лекцій, контрольні роботи після основних розділів курсу, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – оволодінні студентами фундаментальними знаннями про оптичні процеси, що відбуваються при взаємодії світла з макро- та нанорозмірними інтерфейсами метал-діелектрик та напівпровідник-діелектрик, а також знаннями про можливості використання таких процесів у фотоніці та оптоелектроніці.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (третій рівень вищої освіти (дев'ятий рівень НРК України), галузь знань 10 «Природничі науки», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика та астрономія» дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних *компетентностей*:

інтегральної:

Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке знання 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 (ЗК 1).
- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій (ЗК 2).
- Здатність генерувати нові ідеї та застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 3).
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми (ЗК 4).
- Здатність працювати в міжнародному контексті (ЗК 6).

- Здатність працювати автономно та в команді (ЗК 7).

фахових:

- Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв’язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем (ФК1).
- Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об’єктів, законів існування та еволюції Всесвіту (ФК2).
- Вміння досліджувати електронні та коливальні процеси в кристалах та наночастинках металів і напівпровідників, включаючи процеси перенесення збуджень та їх взаємодії з електромагнітним випромінюванням (ФК3).
- Вміння, застосовуючи методику фотоніки, досліджувати електронно-коливальні, фотофізичні та фотохімічні процеси в органічних та неорганічних середовищах, включаючи нано- та біооб’єкти (ФК4).
- Здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження та діагностики низькорозмірних систем, володіння принципами структурної побудови низькорозмірних систем (ФК6).
- Здатність застосовувати знання теорій опису фізичних властивостей низькорозмірних систем різних типів та знання фізики низькорозмірних напівпровідників (ФК7).
- Здатність використовувати знання й уміння в галузі практичного використання комп’ютерних технологій для дослідження низькорозмірних систем (ФК8).
- Здатність проводити фундаментальні та прикладні наукові дослідження з використанням сучасних експериментальних та теоретичних методів в галузі оптики і лазерної фізики (ФК13).
- Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації, розробка і впровадження інформаційних систем, використання сучасних програмних пакетів для розрахунку електронної та атомної структури матеріалів (ФК16).
- Здатність застосовувати знання з використанням сучасних технологій для розробки високоефективних функціональних матеріалів різного призначення та створення новітніх технологій в альтернативній енергетиці (ФК19).

5. Результати навчання за дисципліною:

| <i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність; 5. інтегральна компетентність) | | <i>Методи викладання і навчання</i> | <i>Методи оцінювання</i> | <i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i> |
|---|---|-------------------------------------|---|---|
| Код | Результат навчання | | | |
| 1 | ПРН 1.1, 1.4. Знати фізичні механізми поширення поверхневих плазмонних поляритонів (ППП) у металевих плазмонних хвилеводах різних типів: металевих стрічках, металевих нанодротах, щілинах між металевими поверхнями, одновимірних ланцюжках металевих наночастинок. | <i>Лекції</i> | <i>контрольна робота, перевірка рефератів, самостійна робота, іспит</i> | 5 |
| | ПРН 1.1, 1.2, 1.6, 1.17. Знати теорію дифракції світла при його проходженні через регулярний масив субхвильових отворів в металевій плівці. | <i>Лекції</i> | <i>контрольна робота, іспит</i> | 5 |
| | ПРН 1.1, 1.3, 1.4, 1.17. Знати теорію | <i>Лекції</i> | <i>Модульна</i> | 10 |

| | | | | |
|----------|--|----------------------------------|--|----|
| | плазмонного підсилення електромагнітного поля металевими плазмонними наноструктурами. | | контрольна робота, самостійна робота, іспит | |
| | ПРН 1.1, 1.3, 1.6. Знати фізичні принципи роботи оптичних плазмонних сенсорів. | <i>Лекції, практичні заняття</i> | контрольна робота, перевірка рефератів, іспит | 10 |
| 2 | ПРН 2.2, 2.3, 2.8. Вміти розраховувати закон дисперсії та довжину вільного пробігу поверхневих плазмонних поляритонів (ППП) у металевих плазмонних хвилеводах різних типів: металевих стрічках, металевих нанодротах, щілинах між металевими поверхнями, одновимірних ланцюжках металевих наночастинок. | <i>Лекції</i> | контрольна робота, перевірка рефератів, іспит | 5 |
| | ПРН 2.3, 2.6, 2.8. Вміти розраховувати спектри пропускання світла при його проходженні через субхвильові отвори в металевих плівках. | <i>Лекції, практичні заняття</i> | контрольна робота, перевірка рефератів, іспит | 10 |
| | ПРН 2.3, 2.6, 2.8. Вміти використовувати теорію плазмонного підсилення електромагнітного поля металевими наноструктурами для розрахунку коефіцієнта плазмонного підсилення для комбінаційного розсіяння світла, фотолюмінесценції, генерації другої гармоніки. | <i>Лекції</i> | контрольна робота, перевірка звітів про виконані лабораторні роботи, іспит | 5 |
| | ПРН 2.1, 2.6, 2.10. Вміти експериментально визначати показник заломлення оточуючого середовища з використанням прототипів плазмонних сенсорів. | <i>Лекції</i> | контрольна робота, перевірка звітів про виконані лабораторні роботи, іспит | 5 |
| 3 | ПРН 3.1. Володіти здатністю презентувати результати своїх досліджень на наукових конференціях, семінарах, практично використовувати іноземну мову (в першу чергу - англійську) у науковій діяльності | <i>Практичні заняття</i> | Перевірка рефератів, презентацій, іспит | 10 |
| | ПРН 3.2. Формулювати висновки фізичних досліджень у формі, що відповідає можливостям сприйняття | <i>Практичні заняття</i> | Перевірка рефератів, презентацій, | 5 |

| | | | | |
|---|---|--------------------------|--|----|
| | не спеціалістів. | | <i>іспит</i> | |
| 4 | ПРН.4.1. Аналізувати наукові праці, виявляючи дискусійні та мало досліджені питання. | <i>Практичні заняття</i> | <i>Перевірка рефератів, презентацій, іспит</i> | 5 |
| | ПРН 4.2. Здійснювати моніторинг наукових джерел інформації відносно досліджуваної проблеми. | <i>Практичні заняття</i> | <i>Перевірка рефератів, презентацій, іспит</i> | 5 |
| | ПРН 4.3. Здійснювати процедуру встановлення цінності джерел наукової інформації шляхом порівняльного аналізу з іншими джерелами. | <i>Практичні заняття</i> | <i>Перевірка рефератів, презентацій, іспит</i> | 5 |
| 5 | ПРН 5.1. Знати ґрунтовні знання предметної області та розуміння професії. | <i>Практичні заняття</i> | <i>Перевірка рефератів, презентацій, іспит</i> | 10 |
| | ПРН 5.2. Знати праці провідних вчених та фундаментальні праці у галузі дослідження, формулювати мету власного наукового дослідження. | <i>Практичні заняття</i> | <i>Перевірка рефератів, презентацій, іспит</i> | 5 |

7. Схема формування оцінки

7.1 Форми оцінювання студентів:

– семестрове оцінювання:

1. Контрольна робота 1 (10 балів).
2. Контрольна робота 2 (10 балів).
3. Реферати (15).
4. Опитування в процесі лекції (10 балів).
5. Самостійна робота (15 балів).

- **підсумкове оцінювання у формі іспиту:** на іспиті максимально можна отримати 40 балів.
- **умови допуску до іспиту:** обов'язково здати 2 реферати на теми, запропоновані викладачем, отримати протягом семестру за лекції та практичні заняття не менше 36 балів.

7.2 Організація оцінювання:

Контроль здійснюється за рейтинговою системою, яка складається з 2 змістових частин. Система оцінювання знань включає поточний та семестровий контроль знань. Результати навчальної діяльності студентів оцінюються за 100-бальною шкалою. Форми поточного контролю: оцінювання контрольних робіт, рефератів, усних відповідей під час лекції, письмових та усних самостійних завдань. Студент може отримати максимально 40 балів за оцінювання реферату, усних відповідей під час лекції, письмових та усних самостійних завдань. та максимально 20 балів за 2 контрольних роботи (по 10 балів за кожну роботу). При звіті за кожну семестрову форму контролю (контрольні роботи, реферати та звіти про самостійну роботу) знань студент має набрати мінімум 60% від максимальної кількості балів,

інакше він отримує за цю форму контролю 0 балів. Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі іспиту, під час якого студент може отримати максимально 40 балів.

7.3 Шкала відповідності оцінок

| | |
|----------------------------------|--------|
| Відмінно / Excellent | 90-100 |
| Добре / Good | 75-89 |
| Задовільно / Satisfactory | 60-74 |
| Незадовільно / Fail | 0-59 |
| Зараховано / Passed | 60-100 |
| Не зараховано / Fail | 0-59 |

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекцій, практичних занять та самостійної роботи

| № п/п | Назва теми | Кількість годин | | |
|-------------------|--|-----------------|-------------------|-------------------|
| | | Лекції | Практичні заняття | Самостійна робота |
| Частина 1. | | | | |
| 1 | Плазмонні хвилеводи: поширення поверхневих плазмонних поляритонів (ППП) вздовж металевих стрічок; металеві нанодропи для направлено поширення і фокусування ППП; щільні поверхневі плазмонні моди; поширення ППП вздовж одновимірних ланцюжків металевих наночастинок. | 3 | | 12 |
| 2 | Проходження світла через отвори: локалізовані поверхневі плазмонні моди у металевих плівках з субхвильовими отворами; екстраординарне проходження світла через субхвильові отвори та його практичне використання. | 3 | | 14 |
| 3 | Проходження світла через субхвильові щілини у металевих плівках | 1 | | 10 |
| | <i>Контрольна робота 1</i> | | | |
| Частина 2 | | | | |
| 1 | Плазмонне підсилення електромагнітного поля. Плазмонне підсилення комбінаційного розсіяння світла (SERS): фізичні основи явища SERS, SERS в плазмонних нанорезонаторах. | 3 | 2 | 12 |
| 2 | Плазмонне підсилення фотолюмінесценції. | 2 | | 12 |
| 3 | Плазмонне підсилення нелінійнооптичних процесів. | 2 | 2 | 12 |
| 4 | Оптичні плазмонні сенсори | 2 | | 12 |
| 5 | Плазмонні метаматеріали | 2 | | 12 |
| | <i>Контрольна робота 2</i> | | | |
| | ВСЬОГО | 18 | 4 | 96 |

Загальний обсяг 120 год., в тому числі:

Лекції – 18 год.

Практичні заняття – 4 год.

Самостійна робота – 96 год.

Консультації – 2 год.

9. Рекомендовані джерела:

Основна: (Базова)

1. О. А. Єщенко, «Плазмоніка» // К.,Фенікс, 2013, 176 ст.
2. В. В. Климов, «Наноплазмоника» // М., Физматлит, 2009, 480 ст.
3. S. A. Maier, “*Plasmonics: Fundamentals and Applications*”, // New York, Springer, 2007, 223 p.
4. U. Kreibitz, M. Vollmer, “*Optical Properties of Metal Clusters*” // Berlin, Springer, 1995, 527 p.

Додаткова:

1. Н.Л. Дмитрук, В.Г. Литовченко, В.Л. Стрижевский, «Поверхностные поляритоны в полупроводниках и диэлектриках» // К., Наукова думка, 1989, 376 ст.
2. Є.Ф. Венгер, А.В. Гончаренко, М.Л. Дмитрук, „Оптика малих частинок і дисперсних середовищ”// К., Наукова думка, 1999, 348 ст.