

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Фізичний факультет
(назва факультету)

Кафедра загальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана
з навчальної роботи

«___» _____ 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ¹
ОСНОВИ ФІЗИКИ НАНОСИСТЕМ

(повна назва навчальної дисципліни)

для студентів

| | |
|--|---|
| галузь знань | <u>10 Природничі науки</u> <i>(шифр і назва)</i> |
| спеціальність | <u>104 Фізика та астрономія</u> <i>(шифр і назва спеціальності)</i> |
| освітній рівень | <u>бакалавр</u> <i>(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)</i> |
| освітня програма | <u>Фізика</u> <i>(назва освітньої програми)</i> |
| спеціалізація <i>(за наявності)</i> | <u>Фізика наноструктур в металах та кераміках</u> <i>(назва спеціалізації)</i> |
| вид дисципліни | <u>вибіркова</u> |

| | |
|--|-------------------|
| Форма навчання | <u>очна</u> |
| Навчальний рік | <u>2020/2021</u> |
| Семестр | <u>5</u> |
| Мова викладання, навчання та оцінювання | <u>українська</u> |
| Форма заключного контролю | <u>іспит</u> |

Викладачі: доцент Оліх Олег Ярославович,

доцент Подолян Артем Олександрович

професор Семенко Михайло Петрович,

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

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2020

¹ Робоча програма навчальної дисципліни є нормативним документом вищого навчального закладу і містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність, організаційні форми її вивчення та їх обсяг, визначає форми та засоби поточного і підсумкового контролю.

Розробники²:

Оліх Олег Ярославович, доктор фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики.

Подольян Артем Олександрович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики.

Семенько Михайло Петрович, доктор фіз.-мат. наук, професор,
професор кафедри фізики металів

(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Боровий М.О.)

(прізвище та ініціали)

Протокол №_ від « »

2020 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету/інституту³

Протокол від «11» червня 2020 року № 33

Голова науково-методичної комісії _____

(підпис)

(Оліх О.Я.)

(прізвище та ініціали)

« _____ » _____ 2020 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (раді навчального закладу - коледжу), підписується завідувачем кафедри (головою циклової комісії), головою науково-методичної комісії факультету/інституту (головою ради) і затверджується заступником декана/директора інституту з навчальної роботи (заступником директора коледжу).

³ У випадку читання дисципліни, яка не є профільною для факультету чи інституту обов'язковим є погодження з науково-методичною комісією профільного факультету. У випадку економічних та юридичних наук погодження із предметною комісією з економічних та юридичних наук при Науково-методичній раді Університету.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання систематичних знань щодо існуючих методів характеристики та створення наносистем, набуття здатності класифікувати наносистем та формулювати ціннісні судження щодо доцільності застосування певних експериментальних методів для отримання необхідних характеристик, одержання практичних навичок по дослідженню параметрів структури та деяких властивостей наноматеріалів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. Знати загальну фізику (розділи «Електрика та магнетизм», «Оптика», «Молекулярна фізика»), принципи фокусування світлових та електронних променів.
2. Вміти застосовувати знання з курсів математичного аналізу, диференційних та інтегральних рівнянь, механіки для опису руху частинок та побудови дифракційної та інтерференційної картин.
3. Мати елементарні навички проведення експериментів та обробки результатів експериментальних досліджень.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «Основи фізики наносистем» розглядаються основні особливості наносистем порівняно з об'ємними матеріалами, методи їхньої характеристики та створення, їх основні фізичні властивості а також практичне застосування наносистем. Метою вивчення дисципліни є отримання глибоких та систематичних знань щодо фізичних властивостей наносистем, можливості їхнього формування за допомогою епітаксії, осадження, оксидування, диспергування, літографії. Навчальна задача курсу також полягає у засвоєнні принципів роботи таких методів визначення параметрів подібних систем як електронна мікроскопія, скануюча зондова мікроскопія, рентгенівська дифракція, різноманітні варіанти спектроскопії; крім того передбачено, набуття навичок визначення параметрів структури за результатами рентгенівської дифракції та визначення впливу нанорозмірності на параметри структури та ряд фізичних властивостей. Методи викладання: лекції, лабораторні роботи, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, модульні контрольні роботи, іспит. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та іспиту (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – засвоєння студентами основних фізичних особливостей нанорозмірних систем.

Дисципліна спрямована на досягнення таких компетентностей як,

- ✓ здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК2),
- ✓ навички здійснення безпечної діяльності (ЗК7),
- ✓ знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії (ФК1),
- ✓ здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів (ФК2),
- ✓ здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів (ФК3),
- ✓ здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень (ФК4),
- ✓ здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації (ФК9).

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

| <i>Результат навчання</i> (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація*; 4. автономність та відповідальність*) | | <i>Методи викладання і навчання</i> | <i>Методи оцінювання</i> | <i>Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни</i> |
|--|---|-------------------------------------|--|---|
| Код | Результат навчання | | | |
| 1.1 | знати місце наносистем в сучасній науці та техніці | лекції | модульна контрольна робота, іспит | 5 |
| 1.2 | знати шляхи створення наносистем певного типу | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 10 |
| 1.3 | знати основні принципи, що лежать в основі електронної мікроскопії, скануючої зондової мікроскопії, рентгенівської дифракції, спектроскопії | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 10 |
| 1.4 | знати основні фізичні властивості наносистем | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 5 |
| 1.5 | знати основні практичні застосування наносистем | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 10 |
| 2.1 | вміти класифікувати методи створення та методи дослідження наноструктур | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 5 |
| 2.2 | вміти оцінити можливі розміри наноструктур залежно від методу її отримання | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 5 |
| 2.3 | вміти оцінювати ефект розмірного квантування для різних фізичних властивостей наносистем | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 10 |
| 2.4 | вміти визначати фактори впливу нанорозмірності на результатами експериментальних досліджень | лабораторні роботи | оформлення результатів лабораторних робіт, усне опитування | 20 |
| 3.1 | представляти результати вимірювання та розрахунків у вигляді, що доступні як для фахівців, так і не фахівців у фізиці наноматеріалів | лабораторні роботи | оформлення результатів лабораторних робіт | 10 |
| 4.1 | формулювати ціннісні судження щодо доцільності застосування певних експериментальних методів для отримання необхідних характеристик | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 5 |
| 4.2 | формулювати ціннісні судження щодо перспектив розширення областей застосування наносистем | лекції | модульна контрольна робота, усне опитування, іспит | 5 |

* заповнюється за необхідністю, наприклад для практик, лабораторних курсів тощо.

*

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

| Результати навчання дисципліни | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 3.1 | 4.1 | 4.2 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Програмні результати навчання | | | | | | | | | | | | |
| ПРН1. 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. | | + | + | + | | | + | | | + | + | |
| ПРН5. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики. | + | | + | | + | | | | | | + | + |
| ПРН9. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи. | | | | | | | | | | + | + | |
| ПРН10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів. | | | | | | + | + | | | + | + | + |
| ПРН11. Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки. | | | | | | + | | + | | + | + | + |
| ПРН13. Розуміти зв'язок фізики 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 досліджень. | | | | | | | | | | | | |
| ПРН14. Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини. | | | | | | | | + | + | | | |

7. Схема формування оцінки:

7.1 Форми оцінювання студентів: (зазначається перелік видів робіт та форм їх контролю / оцінювання із зазначенням Min. – рубіжної та Max. кількості балів чи відсотків)

- семестрове оцінювання:

1. Опитування під час першого змістового модуля – 3 бали/ 2 бали
2. Модульна контрольна робота 1 – 7 балів/4 бали
- 3.
4. Опитування під час другого змістового модуля – 3 бали/ 2 бали
5. Модульна контрольна робота 2 – 7 балів/ 4 бали
6. Виконання та здача лабораторних робіт – 20 балів/12 балів

Модуль 1: оцінка за відповіді при усному опитуванні, за модульну контрольну роботу з теми «Експериментальні методи дослідження та створення наносистем», за здачу лабораторних робіт – 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Модуль 2: оцінка за відповіді при усному опитуванні, за модульну контрольну роботу з теми «Основні фізичні властивості та застосування наносистем», за здачу лабораторних робіт – 30 балів (рубіжна оцінка 18 балів).

Для студентів, які упродовж семестру не досягли мінімального рубіжного рівня оцінки (60% від максимально можливої кількості балів) проводиться заключна семестрова контрольна робота, максимальна оцінка за яку не може перевищувати 20% підсумкової оцінки (до 20 балів за 100-бальною шкалою).

- **підсумкове оцінювання у формі іспиту**, максимальна оцінка 40 балів (рубіжна оцінка 24 балів). Підсумкова кількість балів з дисципліни (максимум 100 балів), яка визначається як сума балів за систематичну роботу впродовж семестру та за результатами проведення іспиту. *Результатами навчання, які оцінюються під час іспиту, є РН 1.1. - 4.2.*

При простому розрахунку отримаємо:

| | ЗМ1 | ЗМ2 | іспит | Підсумкова оцінка |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| <i>Мінімум</i> | 18 | 18 | 24 | 60 |
| Максимум | 30 | 30 | 40 | 100 |

Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше 36 балів. Для допуску до іспиту студент обов'язково має здати всі лабораторні роботи, написати

передбачені програмою контрольні роботи або написати заключну семестрову контрольну роботу. Оцінка за залік не може бути меншою 36 балів для отримання загальної позитивної оцінки за курс.

Умовою отримання позитивної результуючої оцінки з дисципліни є досягнення не менш як 60% від максимальної можливої кількості балів.

7.2 Організація оцінювання: (обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням, у тому числі, результатів навчання, опанування яких перевіряється конкретним оцінюванням).

Рівень досягнення запланованих результатів навчання визначається за результатами написання та захисту письмових контрольних робіт, відповідей при усному опитуванні.

Питома вага результатів навчання у підсумковій оцінці за умови її опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.5 (знання) – до 40% ;
- результати навчання 2.1 – 2.4 (вміння) – до 40% ;
- результати навчання 3.1. (комунікація) – до 10% ;
- результати навчання 4.1 – 4.2. (автономність і відповідальність) – до 10% .

У курсі передбачено 2 змістові модулі. Після завершення відповідних частин проводяться модульні контрольні роботи. Передбачено також усне опитування під час лекцій.

7.3 Шкала відповідності

| | |
|--|--------|
| Відмінно / Excellent | 90-100 |
| Добре / Good | 75-89 |
| Задовільно / Satisfactory | 60-74 |
| Незадовільно з можливістю повторного складання / Fail | 35-59 |
| Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни / Fail | 0-34 |
| Зараховано / Passed | 60-100 |
| Не зараховано / Fail | 0-59 |

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ

| № п/п | Назва теми | Кількість годин | | |
|---|--|-----------------|-------------|-------------------|
| | | лекції | лабораторні | Самостійна робота |
| Частина 1. Експериментальні методи дослідження та створення наносистем | | | | |
| 1 | Тема 1. Наносистеми. Основні поняття та визначення. Нанотехнології в науці та техніці. Історія розвитку, основні етапи та досягнення. Поняття про ефект розмірного квантування. Класифікація нанооб'єктів. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | | 2 |
| 2 | Тема 2. Методи характеристики наносистем: електронна мікроскопія (ПЕМ, РЕМ), скануючі зондова мікроскопія (тунельна, атомно-силова, магніто-силова, оптична ближнього поля), рентгенівська дифракція, спектроскопія (месбауерівська, рентгено-, УФ, оптична, коливна, радіо-). с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Електро-силова зондова мікроскопія. | 3 | | 3 |
| 3 | Тема 3. Методи формування наносистем: класифікація, створення плівок (епітаксія, осадження, оксидування), диспергування (механічне, фізичне, хімічне), літографія (оптична, рентгенівська, електронно-променева, іонна, | 5 | | 5 |

| | | | | |
|--|---|-----------|-----------|-----------|
| | зондова, нанодрук, наносферна). с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Магнетронне розпилення.. | | | |
| | <i>Модульна контрольна робота 1</i> | | | 2 |
| Частина 2. Основні фізичні властивості та застосування наносистем | | | | |
| 4 | Тема 4. Електрофізичні, оптичні та магнітні властивості наносистем. Елементи зонної структури твердих тіл. Розмірне квантування електронних станів в напівпровідникових наносистемах. Оптичні властивості напівпровідникових наносистем. Металічні нанокластери. Наномагнетизм. Вуглецеві наносистеми та їх електрофізичні властивості. Наноструктуровані матеріали та їх електричні і оптичні властивості. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.. | 2 | | 3 |
| 5 | Тема 5. Застосування наносистем в приладах наноелектроніки та оптоелектроніки. Одноелектронні пристрої. Лазери на квантових ямах і точках. Фотоприймачі на основі напівпровідникових наносистем. Електронні пристрої на основі вуглецевих наноструктур. Елементи молекулярної електроніки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції.. | 2 | | 3 |
| | <i>Модульна контрольна робота 2</i> | | | 2 |
| Перелік лабораторних робіт | | | | |
| | Робота 1. Геометричні аспекти будови кристалічного простору. Просторова ґратка та її елементи. | | 2 | 2 |
| | Робота 2. Симетрія кристалів та поняття про структуру різних кристалів | | 2 | 2 |
| | Робота 3. Техніка безпеки з джерелами іонізаційного (рентгенівського) випромінювання | | 2 | 2 |
| | Робота 4. Ознайомлення з будовою та правилами роботи рентгенівських дифрактометрів (на базі рентгенівського дифрактометра ДРОН-4) | | 2 | 2 |
| | Робота 5. Одержання та трактування дифракційних спектрів монокристалічних, полікристалічних, нанокристалічних та аморфних матеріалів | | 6 | 4 |
| | Робота 6. Розшифровка дифракційних спектрів простих порошкових та полікристалічних матеріалів з кубічною структурою | | 5 | 4 |
| | Робота 7. Дослідження дифракційних спектрів багатофазних систем | | 5 | 4 |
| | Робота 8. Дослідження особливостей температурних залежностей опору аморфних та нанокристалічних металевих сплавів | | 2 | 2 |
| | Робота 9. Визначення впливу нанокристалічності на температуру Кюрі матеріалів | | 4 | 4 |
| | | | | |
| | ВСЬОГО | 14 | 30 | 46 |

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.⁴, в тому числі:

Лекцій – **14 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття – **0 год.**

Лабораторні заняття – **30 год.**

Тренінги – **0 год.**

Консультації – **1 год.**

Самостійна робота – **46 год.**

⁴ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁵:

Основна: (Базова)

1. Борисенко В.Е., Воровьева А.И., Данилюк А.Л., Уткина Е.А. Нанoeлектроника: теория и практика, М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2015, 369 с.
2. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий, М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 431 с.
3. Назаров О.М., Нищенко М.М. Наноструктури та нанотехнології, К., НАУ, 2010, 256 с.
4. Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л. Наноматериалы, М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 365 с.
5. Лозовский В.Н., Константинова Г.С., Лозовский С.В. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность. Спб., «Лань», 2008, 336 с.
6. Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М. Методы получения и свойства нанообъектов, М., «Флинта», «Наука», 2009, 168 с.
7. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. М., «Физматлит», 2010, 456 с.
8. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М., «Техносфера», 2004, 330 с.
9. Маслов М.М., Опенев Л.А. Введение в физику наноструктур. М., «НИЯУ МИФИ», 2011, 80 с.
10. Головин Ю.И. Введение в нанотехнику. М., «Машиностроение», 2007, 496 с.
11. Семенько М.П. „Структурна кристалографія” (вибрані лекції по кристалографії) для студентів фізичного факультету.// Київ. – 2019 р. – 63 с.
12. Захаренко М.І., Семенько М.П., „Методи структурного аналізу” (методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу „Дифракційні методи дослідження конденсованого стану” Київ.- 2012.

Додаткова:

1. Шука А.А. Нанoeлектроника. М., «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 342 с.
2. Гриднев С.А., Калинин Ю.Е., Ситников А.В., Стогней О.В. Нелинейные явления в нано- и микрогетерогенных системах, «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2012, 352 с.
3. Раков Э.Г. Неорганические наноматериалы, «БИНОМ. Лаборатория знаний», 2013, 477 с.
4. Левичев В.В. Электронные и фотонные устройства: принцип работы, технологии изготовления, СПб: Университет ИТМО, 2015, 65 с.
5. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем. Спб., «Наука», 2001, 160 с.
6. Суздаев И.П. Электрические и магнитные переходы в нанокластерах и наноструктурах. М., «Красанд», 2012, 480 с.

⁵ В тому числі Інтернет ресурси