

Розробники²: Козаченко Віктор Васильович, кандидат фіз.-мат. наук, доцент,
доцент кафедри загальної фізики
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри _____

(підпис)

(Боровий М.О.)
(прізвище та ініціали)

Протокол № 10 від 7 травня 2019 р.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол №21 від 10 травня 2019 року

Голова науково-методичної комісії _____
(підпис)

(Оліх О.Я.)
(прізвище та ініціали)

«_____» _____ 2019 року

² Розробляється лектором. Робоча програма навчальної дисципліни розглядається на засіданні кафедри (циклової комісії – для коледжів), науково-методичної комісії факультету/інституту (радї 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).

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання глибоких та систематизованих знань з фізики наноструктур, що включає коло питань, що становлять основу сучасних фізичних моделей, які можна застосувати для опису таких наноструктур як напівпровідникові квантові ями, квантові нитки, квантові точки, вуглецеві нанотрубки, графен і металеві наночастинки. Дати опис основних фізичних ефектів і явищ, характерних для систем зі зниженою розмірністю.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

1. знання, отримані в рамках загального курсу фізики, курсів теоретичної механіки, електродинаміки, квантової механіки, фізики твердого тіла і фізики напівпровідників.
2. знання математичних дисциплін – математичного аналізу, лінійної алгебри, теорії функцій комплексної змінної.

3. Анотація навчальної дисципліни / референс:

В рамках курсу «фізика наноструктур» викладено коло питань, що становлять основу сучасних фізичних моделей, які можна застосувати для опису наноструктур, методів їх створення та дослідження. В ньому даний опис основних фізичних ефектів і явищ, характерних для систем зі зниженою розмірністю. Методи викладання: лекції, консультації. Методи оцінювання: опитування в процесі лекції, контрольні роботи після основних розділів спецкурсу, залік. Підсумкова оцінка виставляється на основі проміжних оцінок (60%) та заліку (40%).

4. Завдання (навчальні цілі) – ознайомлення студентів з основними фізичними ефектами і явищами, характерними для систем зі зниженою розмірністю, а також сучасними методами створення та дослідження наноструктур.

Згідно вимог проекту Стандарту вищої освіти України (другий (магістерський) рівень вищої освіти, галузь знань 10 «Фізика», спеціальність 104 «Фізика та астрономія», ОНП «Фізика наносистем») дисципліна забезпечує набуття здобувачами освіти наступних **компетентностей**:

Інтегральних:

- Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі фізики наносистем, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань.

Загальних:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. **(ЗК1)**
- Здатність до пошуку, оброблення на аналізі інформації з різних джерел. **(ЗК4)**
- Здатність використовувати професійно-профільовані знання в галузі фізики. **(ЗК6)**
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання у фізиці **(ЗК8)**

Фахових:

- Володіння принципами структурної побудови наносистем **(ФК1)**.
- Володіння принципами функціональної побудови наносистем **(ФК2)**.
- Володіння методами створення наносистем. **(ФК3)**.
- Здатність застосовувати сучасні експериментальні методи дослідження наносистем та діагностики наносистем **(ФК4)**.
- Здатність застосовувати знання з нанофотоніки, оптичних та фотоелектричних явищ в наноструктурах. **(ФК8)**.
- Здатність застосовувати знання з фізики наноструктурних металевих систем та тонких плівок **(ФК9)**.

- Здатність застосовувати знання з фізики нанорозмірних нанокompatитних матеріалів та методів їх отримання (ФК11).
- Здатність застосовувати знання в галузі методів вимірювання фізичних властивостей наносистем (ФК14).

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 | Отримання знань з основ технології створення наноструктур та методів їх дослідження | лекції | Модульна контрольна робота | 30 |
| 1.2 | Отримання знань про основні фізичні ефекти і явища, характерні для систем зі зниженою розмірністю | лекції | Модульна контрольна робота | 30 |

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

| Результати навчання дисципліни | 1.1 | 1.2 |
|---|-----|-----|
| Програмні результати навчання | | |
| ПРН 1.4. Знати принципи дії, призначення та точність основних типів рентгенівських дифрактометрів та нейтронних спектрометрів, а також можливості і межі їх застосування; | + | |
| ПРН 1.7. Знати особливості структури та електронного спектру нанокarбонових систем різної мірності; | + | |
| ПРН 2.5. Вміти оцінювати точність основних експериментальних методів спостереження дифракції рентгенівських променів та нейтронів низькорозмірними та нанорозмірними системами. | + | |
| ПРН 2.2. Вміти будувати енергетичні діаграми вільної поверхні, поверхні розділу фаз, квантово-розмірних систем. | | + |

7. Структура курсу

Курс складається з 2-х змістових модулів: «Створення наноструктур та методи їх дослідження», який включає в себе 8 лекцій та «Основні фізичні ефекти і явища, характерні для систем зі зниженою розмірністю», який складається з 7 лекцій.

8. Схема формування оцінки:

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

- семестрове оцінювання:

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

1. Модульна контрольна робота 1 (15 балів-30 балів).
 2. Модульна контрольна робота 2 (15 балів-30 балів).
- підсумкове оцінювання у формі заліку

Підсумкове оцінювання у формі заліку

| | ЗМ1/Частина 1 (за наявності) | ЗМ2/Частина 2 (за наявності) | залік | Підсумкова оцінка |
|----------|------------------------------|------------------------------|-----------|-------------------|
| Мінімум | <u>15</u> | <u>15</u> | <u>30</u> | <u>60</u> |
| Максимум | <u>30</u> | <u>30</u> | <u>40</u> | <u>100</u> |

8.2 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).

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 І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

| № п/п | Назва теми | Кількість годин | |
|--|---|-----------------|-------------------|
| | | лекції | Самостійна робота |
| Частина 1. Основи технології створення наноструктур та методів їх дослідження | | | |
| 1 | Тема 1. Вступ. Нанооб'єкти та нанотехнологія с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 2 | Тема 2. Основні технології виготовлення наноструктур. Методи «згори до низу» та «знизу догори». Фізичні методи осадження тонких плівок. Хімічні методи осадження тонких плівок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 3 | Тема 3. Молекулярно променева епітаксія. Нанолітографія. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. (повторення матеріалу). | 2 | 4 |
| 4 | Тема 4. Синтез фулеренів, вуглецевих нанотрубок та графену. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 5 | Тема 5. Синтез колоїдних наночастинок. Самоорганізація наночастинок. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 6 | Тема 6. Тонкі плівки. Стадії росту тонких плівок. Механізми росту тонких плівок. | 2 | 4 |
| 7 | Тема 7. Методи дослідження наноструктур. Електронна мікроскопія. Скануюча зондова мікроскопія. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 8 | Тема 8. Методи рентгенівського аналізу наноструктур. Методи оптичної спектроскопії наноструктур. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до підсумкової модульної контрольної | 2 | 4 |

| | | | |
|---|--|-----------|-----------|
| | роботи. | | |
| | <i>Контрольна робота 1</i> | | 2 |
| Частина 2. Основні фізичні ефекти і явища, характерні для систем зі зниженою розмірністю | | | |
| 9 | Тема 9. Носії заряду в наноструктурах. Принцип розмірного квантування. Квантові ями. Квантові нитки. Квантові точки. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 10 | Тема 10. Коливання атомів в наноструктурах. Розмірне квантування коливальної підсистеми. Акустичні фонони. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 11 | Тема 11. Електрон-електронна та електрон-фононна взаємодія. Кулонівська взаємодія і плазмони в наноструктурах. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 12 | Тема 12. Двочастинкова модель енергетичних рівнів електронної підсистеми напівпровідникової квантової точки в режимі сильного конфайнменту. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 13 | Тема 13. Конфігураційна взаємодія електронно-діркових пар. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 14 | Тема 14. Динаміка електронних збуджень та кінетичні ефекти в наноструктурах. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. | 2 | 4 |
| 15 | Тема 15. Суперструктури на основі нанокристалів. Супракристали. с.р.с. Вивчення матеріалу лекції. Підготовка до підсумкової модульної контрольної роботи. | 2 | 4 |
| | <i>Контрольна робота 2</i> | | 2 |
| | ВСЬОГО | 30 | 60 |

Примітка: слід зазначити теми, винесені на самостійне вивчення

Загальний обсяг 90 год.³, в тому числі:

Лекцій – **30 год.**

Семінари – **0 год.**

Практичні заняття - **0 год.**

Лабораторні заняття - **0 год.**

Тренінги - **0 год.**

Консультації - **0 год.**

Самостійна робота - **60 год.**

Питання для самостійної роботи студентів

1. Класифікація наноматеріалів.
2. Адсорбційні явища на поверхні твердих тіл.
3. Епітаксціальний ріст тонких плівок.
4. Температура плавлення частинок малих розмірів.
5. Фулереноподібні поліедричні макромолекули.
6. Супракристалічні нанотрубки та суперконденсатори і суперселеноїди на їх основі.
7. Фотонні кристали. Метаматеріали.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА⁴:

³ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

Основна: (Базова)

1. Charles P. Poole, Frank J. Owens. Introduction to Nanotechnology. (John Wiley & Sons 2003).
2. Harald Ibach. Physics of Surfaces and Interfaces. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006).
3. А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. Физика низкоразмерных систем. Наука. СПб. 2001.
4. Nanotechnology and Nanoelectronics. Edd. By W. R. Fahrner. (Springer, NY, 2005).
5. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Физматлит. Москва. 2005.

Додаткова:

1. Springer Handbook of Nanotechnology. Edd. by Bharat Bhushan. (Springer-Verlag, Berlin, 2007).
2. Nanotechnology for photovoltaics. Edd. By Loucas Tsakalakos. (CRC Press Taylor and Francis Group, LLC 2010).
3. Nanophotonic Materials: Photonic Crystals, Plasmonics, and Metamaterials. Edited by R. B. Wehrspohn, H.-S. Kitzerow, and K. Busch (WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2008).
4. Trends in Nanophysics: Theory, Experiment and Technology. Edd. By Alexandru Aldea, Victor Bârsan. (Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010)

⁴ В тому числі Інтернет ресурси