

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра експериментальної фізики



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи  
О.В.Запорожченко

2020 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «ОСНОВИ НАНОФІЗИКИ»

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти перший (освітньо-професійний) рівень –бакалавр

Галузь знань 10 – природничі науки

(шифр і назва)

Спеціальність 104 - фізика та астрономія, 105 – прикладна фізика та наноматеріали, 014-середня освіта (фізика)

(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія, прикладна фізика та наноматеріали, середня освіта (фізика)

Вид дисципліни вибіркова

Факультет математики, фізики, та інформаційних технологій

(назва факультету)

2020 / 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою Радою факультету математики, фізики та інформаційних технологій «3» вересня 2020 року, Протокол №1

Розробник програми:

кандидат фізико-математичних наук, доцент Маслєєва Н.В.

Навчальна програма затверджена на засіданні кафедри експериментальної фізики Протокол № 1 від “31” серпня 2020 року

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Сминтина В.А.

(прізвище та ініціали)

Програму погоджено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ:

Протокол № 1 від “ 3 ” вересня \_\_\_\_\_ 2020 року

Голова НМК

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ніцук Ю.А.

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Основи нанофізики» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти (бакалавр). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія», 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали». Освітньо-професійна програма: «Фізика та астрономія», «Прикладна фізика та наноматеріали».

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є:

- підготовка фахівців, які здатні розв'язувати спеціалізовані складні задачі і практичні проблеми, що пов'язані зі створенням та дослідженнями наноматеріалів і наноструктур, вивченням фізичних процесів і явищ у них та їх технічними застосуваннями;

- підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з нанофізики та нанотехнології у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та передбачають застосування певних теорій і методів нанофізики.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

формування у студентів матеріалістичного світогляду, вміння використовувати фізичні закони для пояснення явищ природи та формування наступних компетентностей.

Інтегральна компетентність - Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Загальні компетентності:

ЗК 1 - Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 2 - Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 3 - Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК 6 - Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК 7 - Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 9 - Здатність працювати автономно.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК 2 - Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їх результатів.

СК 3 - Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

СК 5 - Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.

1.3. Кількість кредитів 3.

1.4. Загальна кількість годин 90.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Обов'язкова/ <u>за вибором</u>
Денна форма навчання
Рік підготовки
4-й, 7 семестр
Лекції
30 год.
Самостійна робота
54 год.

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-професійними програмами «Фізика та астрономія», «Прикладна фізика та наноматеріали» спеціальностей 104 – «Фізика та астрономія», 105 – «Прикладна фізика та наноматеріали» студенти можуть досягти наступних результатів навчання:

- Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.
- Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.
- Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.
- Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики
- Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

4 рік, 7 семестр

### Розділ 1. Фізичні основи нанотехнології.

**Тема 1. Знайомство зі світом нанооб'єктів.** Місце нанооб'єктів у шкалі характерних розмірів. Типи наноматеріалів і наноструктур. Поняття нанотехнології. Нанотехнологія у природі. Історія нанотехнології. Внесок Р. Фейнмана у розвиток нанонауки.

**Тема 2. Вплив поверхні на властивості нанооб'єктів.** Питома площа поверхні різних нанооб'єктів. Поверхнева енергія і натяг. Лапласовський тиск для наночастинки.

**Тема 3. Розмірні ефекти.** Класичні розмірні ефекти. Квантово-розмірні ефекти. Довжина хвилі де Бройля у металах і напівпровідниках. Внутрішні розмірні ефекти. Зовнішні розмірні ефекти. Розмірний ефект, обумовлений рівнем легування.

**Тема 4. Класичні внутрішні розмірні ефекти.** Фазові зміни і структурні перебудови у наночастинках. Зміни параметру кристалічної ґратки. Зменшенні теплопровідності. Збільшення коефіцієнту дифузії. Збільшення напруги пластичної деформації і твердості полікристалів.

**Тема 5. Класичні зовнішні розмірні ефекти при взаємодії електромагнітного поля з речовиною.** Скін-ефект у нанооб'єктах. Аномальний скін-ефект. Умови спостереження зовнішніх розмірних ефектів. Магнітна поляризація ізотопного провідного циліндру в однорідному періодичному магнітному полі.

**Тема 6. Фізичні основи квантово-розмірних ефектів.** Розміри і розмірність нанооб'єктів. Рівняння Шредингера для 3D-електронного газу. Енергетичний спектр і густина станів 3D-електронного газу. Рівняння Шредингера для 2D-електронного газу. Енергетичний спектр і густина станів 2D-електронного газу. Енергетичний спектр і густина станів 1D-електронного газу. Енергетичний спектр і густина станів 0D-електронного газу.

**Тема 7. Вплив квантово-розмірних ефектів на характеристики нанооб'єктів.** Енергетичні діаграма квантової ями в реальному просторі та в просторі хвильового вектору. Зміна ширини забороненої зони. Оптичні переходи у квантових ямах. Гетеропереходи з квантовими ямами. Надґратки. Квантування опору балістичних нанорозмірних дротів. Квант провідності. Фазові переходи у феромагнетиках і сегнетоелектриках. Суперпарамагнетик. Суперпараелектрик. Гігантський магнітоопір (ГМО) гетероструктур з нанорозмірними шарами магнітного і немагнітного металів. Використання ГМО-елементів для запису інформації.

## Розділ 2. Методи дослідження та створення нанооб'єктів.

**Тема 8. Зондова нанотехнологія.** Загальні питання візуалізації нанооб'єктів. Роздільна здатність різних методів візуалізації. Загальні принципи скануючої зондової мікроскопії. Скануючий тунельний мікроскоп та його використання у нанотехнології. Скануючий атомно-силовий мікроскоп (АСМ). Нанолітографія на основі АСМ.

**Тема 9. Методи створення нанооб'єктів.** Загальні характеристики підходу зверху і підходу знизу. Механічне подрібнення. Топохімічні реакції. Метод газофазного осадження. Методи диспергування. Методи складання та збирання. Молекулярно-пучкова епітаксія. Метод метал-органічного газофазного осадження. Золь-гель метод. Шаблонний синтез. Самозбірка і самоорганізація. Питання безпеки та зберігання нанооб'єктів.

**Тема 10. Особливості низьковимірних вуглецевих нанооб'єктів.** Алотропні форми вуглецю. Фулерени. Фулерити. Вуглецеві нанотрубки та їх властивості. Застосування нанотрубок.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Фізичні основи нанотехнології.</b>						
<i>Тема 1. Знайомство зі світом нанооб'єктів.</i>	6	2				4
<i>Тема 2. Вплив поверхні на властивості нанооб'єктів.</i>	10	4				6
<i>Тема 3. Розмірні ефекти.</i>	8	2				6
<i>Тема 4. Класичні внутрішні розмірні ефекти.</i>	10	4				6
<i>Тема 5. Класичні зовнішні розмірні ефекти при взаємодії електромагнітного поля з речовиною.</i>	8	2				6
<i>Тема 6. Фізичні основи квантово-розмірних ефектів.</i>	10	4				6
<i>Тема 7. Вплив квантово-розмірних ефектів на характеристики нанооб'єктів.</i>	12	6				6
<b>Розділ 2. Методи дослідження та створення нанооб'єктів.</b>						
<i>Тема 8. Зондова нанотехнологія.</i>	10	4				6
<i>Тема 9. Методи створення нанооб'єктів.</i>	10	4				6
<i>Тема 10. Особливості низьковимірних вуглецевих нанооб'єктів.</i>	6	4				2
Усього годин	90	36				54

#### 4. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Механічні властивості нанотрубок.	4
2.	Космічний ліфт.	2
3.	Надпровідність у нанотрубка.	6
4.	Нанотори з нанотрубок.	4
5.	Невуглецеві нанотрубки.	4
6.	Застосування нанотрубок	4
7.	Властивості нанопоруватого кремнію.	4
8.	Поверхневий плазмовий резонанс.	8
9.	Еліпсометричні методи дослідження наноплівки на поверхні речовини.	6
10	Використання надграток.	4
11	Фотонні кристали.	4
12	Застосування наночастинок у медицині.	4

#### 5. Індивідуальні завдання

1. Теплопровідність вуглецевих нанотрубок.
2. Вібрації нанотрубок.
3. Методи маніпуляції атомними структурами.

#### 6. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються словесні методи навчання та наочні методи навчання. Головним словесним методом навчання є лекція. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод або інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

#### 7. Методи контролю

Для кожної теми формами контролю навчальних здобутків студентів можуть бути поточний контроль: конспект з лекцій; оцінка активності роботи на лекціях; аудиторне поточне опитування; домашні завдання. Підсумковий семестровий контроль (залік). Підсумкові бали для оцінки знань студентів за розділ розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Число балів
1.	Відвідування лекцій	Конспект	1
2.	Сумма		1

## 8. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання							Залік	Сума			
<b>Розділ 1</b>							<b>Контрольна робота, передбачена навчальним планом</b>	<b>Індивідуальні завдання</b>	<b>Разом</b>		
<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>					
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>3</b>	<b>10</b>	<b>90</b>	<b>100</b>
<b>Розділ 2</b>											
<b>T8</b>		<b>T9</b>		<b>T10</b>							
<b>1</b>		<b>1</b>		<b>1</b>				<b>7</b>	<b>10</b>	<b>90</b>	<b>100</b>

## 9. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Підсумковий семестровий контроль (залік) проводиться у письмовій формі. Екзаменаційний білет містить два теоретичних питання, кожне з яких оцінюється окремо за 40 бальною шкалою

Критерії оцінювання теоретичного питання:

- повна розгорнута відповідь – 40 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь – 30 балів;
- повна, але не розгорнута відповідь, яка містить незначну помилку чи суперечність – 26 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- неповна відповідь, яка не містить критичних помилок чи суперечностей – 20 балів, за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;
- відповідь, що містить критичну помилку чи неточність, або відсутність відповіді оцінюється в 0 балів.

Кількість балів, що студент отримав на заліку, є сумою балів, що були отримані за кожне завдання з екзаменаційного білету.

Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка		
	За шкалою ЄКТС	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	

75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно	не зараховано
1-34	F		

## **10. Рекомендована література**

### **Перелік навчально-методичної літератури**

#### 1. Основна література

1. Мартинес – Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р.Дж. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. –М.: Техносфера, 2014.-368с.
2. Покропивний В. В., Поперенко Л. В. Фізика наноструктур. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008.-220с.
3. Борисенко В. Е., Воробьева А. И., Уткина Е. А. Нанoeлектроника. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018.-223с.
4. Келсалл Р., Хэмли А., Геогеган М. Научные основы нанотехнологии и новые приборы. – М.: Издательский дом «Интеллект», 2011.-528с.

#### 2. Додаткова література

1. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2007.-376с.
2. Находкін М. Г., Шека Д. І. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005.-431с.
3. Грюндман М. Физика полупроводников. Современные приборы и нанотехнологии. – М.: Издательский дом Интеллект 2009. - 569с.

## **11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. <https://dailytechinfo.org/nanotech/>
2. <http://nanosymp.ru/ru/index>
3. <http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nanoelektronika-dostizheniya-perspektivy>