

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Кафедра теоретичної фізики та астрономії

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

О.В.Запорожченко

2020 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ФІЗИКА НИЗЬКОРОЗМІРНИХ СИСТЕМ

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий) рівень – доктор філософії

Галузь знань 10 – природничі науки

(шифр і назва)

Спеціальність 104 - фізика та астрономія

(шифр і назва)

Освітня програма фізика та астрономія

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

Розробники програми:

доктор фізико-математичних наук, професор Адамян В.М.

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

Завідувач кафедри

(підпис)

Адамян В.М.

(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 «Фізика низькорозмірних систем» складена відповідно до освітньо-наукової програми підготовки третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії). Галузь знань: 10 – «Природничі науки». Спеціальність: 104 – «Фізика та астрономія».

Освітньо-наукова програма: «Фізика та астрономія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є: надання майбутнім докторам філософії з фізики та астрономії необхідних знань про електронні, оптичні та магнітні властивості низькорозмірних систем, методи їх отримання і експериментального дослідження, найпростіші теоретичні моделі базових наноприладів на їх основі та наближені методи розрахунку характеристик цих приладів; засвоєння фундаментальних фізичних складових та практичних навичок, що здобуваються в межах дисципліни «Фізика низькорозмірних систем»; формування професійних компетенцій за профілем підготовки докторів філософії з фізики та астрономії та сприяння успішному виконанню власних наукових досліджень здобувачів степені доктора філософії із зазначеної спеціальності.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:
Набуття

знань про методи створення низькорозмірних систем та їх експериментального дослідження, теоретичних методів опису їх властивостей разом з найпростішими методами планування реальних та комп'ютерних експериментів та обробки їх результатів в задачах, пов'язаних з фізикою низькорозмірних систем;

інтегральної компетентності (ІК) - здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики;

загальних компетентностей:

- здатності до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК1),
- здатності управління інформацією (пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел) (ЗК2),
- здатності проведення самостійних досліджень (ЗК 9);

-

фахової компетентності:

- здатності застосовувати знання з фізики низькорозмірних систем для дослідження властивостей об'ємних та низькорозмірних напівпровідників, твердотільних наноструктур, інтегральних наносхем (ФК 4),
- усвідомлення мети й завдань сучасної фізики та астрономії, здатності вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в різних галузях фізики або астрономії (ФК -9).

1.3. Кількість кредитів 3

1.4. Загальна кількість годин 90

1.5. Характеристика навчальної дисципліни
Нормативна/ <u>за вибором</u>
Денна форма навчання
Рік підготовки
1-й
Лекції
16 год.
Практичні/семінарські
14 год.
Лабораторні
-
Самостійна робота
60 год.
У тому числі індивідуальні завдання
8

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з освітньо-науковою програмою «Фізика та астрономія» спеціальності 104 – «Фізика та астрономія» аспіранти можуть досягти наступних результатів навчання:

- Знати різноманітні методи одержання низько-розмірних матеріалів і структур; вміти оцінювати функціональні особливості низько-розмірних структур нано-електроніці в залежності от методів їх отримання і умов застосування;
- Знати актуальні напрями наукових досліджень з фізики і астрономії та аналізувати історію розвитку фізики та астрономії в порівнянні з сучасною проблематикою науки;

2. Тематичний план навчальної дисципліни

1-й рік

Розділ 1. Розмірне квантування

Тема 1. Системи з двомірним електронним газом : Двомірні квантові ями та бар'єри. Густина одно-електронних станів. Екситоні збудження в квазідвомірних системах. Точкові дефекти в двомірних системах. Супер-решітки. Одношаровий графен. Особливості електронної структури. Графено-подібні структури. Двох-шаровий графен.

Тема 2. Системи з одновимірним електронним газом. Квазі-одномірні провідники. Балістична провідність. Прилади на основі балістичного транспорту. Квантові польові інтерференційні транзистори. Кулонівська блокада.

Тема 3. Квантові ями та точки. Створення. Оптичні властивості. Оптична іонізація. Лазери з квантовими ямами та точками. Використання квантових точок в якості кубітів.

Розділ 2. Магнітні явища

Тема 4. Перенос носіїв в магнітному полі. Густина одно-електронних станів двомірного електронного газу в магнітному полі. Квантовий ефект Холла.

Тема 5. Спіновий перенос. Спінові струми. Спін-рушійні сили. Спінові ефекти Холла та Зеєбека. Спінові транзистори.

Розділ 3. Методи отримання та дослідження низькорозмірних систем.

Тема 6. Отримання низькорозмірних структур. Колоїдні методи отримання. Отримання з парової фази. Методи отримання фулеренів і нанотрубок.

Тема 7. Спектроскопія низькорозмірних структур. Екситонні спектри. Низькоенергетичні спектри. Фотопровідність.

3. Структура навчальної дисципліни

Тема	Кількість годин					
	Усього	Лек.	Пр.	Лаб.	Інд.	СР
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Розмірне квантування						
Тема 1. Системи з двовимірним електронним газом	24	4	4	-	-	16
Тема 2. Системи з одновимірним електронним газом.	6	2	-	-	-	4
Тема 3. Квантові ями та точки.	12	2	2	-	2	6
Розділ 2. Магнітні явища						
Тема 4. Перенос носіїв в магнітному полі.	12	2	2	-	2	6
Тема 5. Спіновий перенос.	6	2	-	-	-	4
Розділ 3. Методи отримання та дослідження низькорозмірних систем.						
Тема 6. Отримання низькорозмірних структур.	8	2	2	-	2	6
Тема 7. Спектроскопія низькорозмірних структур.	16	2	4	-	2	8
Усього годин	90	16	14	-	-	60

4. Тематики практичних занять

1. Розмірне квантування. Густина одно-електронних станів в системах з різною розмірністю. Зонний спектр суперрешіток.
2. Електронна структура графену.
3. Оптичні характеристики квантових точок.
4. Квантовий ефект Холла.
5. Методи синтезу наночастинок.
6. Оптичне поглинання і фотолюмінесценція нанорозмірних систем
7. Розрахунок фотопровідності.

5. Завдання для самостійної роботи

1. Екситони в наноструктурах.
2. ІЧ Поглинання квантовими точками.
3. Провідність квантових структур.
4. Спектри плівок та ниток.
5. Провідність квантових ниток.

6. Індивідуальні завдання

1. Оцінка розміру наночастинок в наближенні ефективних мас.
2. Визначення розміру наночастинок за допомогою дифракції електронів.
3. Електронний мікроскоп та його можливості аналізу наносистем.

4. Спектри оптичного поглинання і фотолюмінесценції для аналізу низькорозмірних систем.

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються інтерактивні методи навчання, наочні методи навчання. Базовим методом навчання є поєднання лекції та практичних занять. Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; метод проблемного викладу; частково-пошуковий, або евристичний метод.

Під час практичних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод; дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовуються наступні методи навчання: дослідницький метод.

8. 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	5
2	Активність на практичних заняттях		3-7
Σ Разом			12

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Індивідуальне завдання	Залікова робота	Сума
Контрольна робота, передбачена навчальним планом (розділи 1 -2)					Разом
P1	P2	P3			
12	12	12	4	60	100

10. Рекомендована література

1. Обов'язкова

1. Шук А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С. А. Физика низкоразмерных систем. - СПб.: Наука, 2001.
2. John H. Davies. The Physics of Low-dimensional Semiconductors: An Introduction. Cambridge University Press, United Kingdom (2009)
3. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. - М.: Логос, 2000.
4. Андо Т., Фаулер А., Стерн Ф. Электронные свойства двумерных систем. М.: Мир, 1985.

5. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки. М.: Мир, 1989
6. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. - М.:Физматлит. 2010. - 456с.

2. Додаткова література

1. Флюге З. Задачи по квантовой механике. М.: «Мир» 1974.
2. Азаренков Н.А., Погребняк А.Д. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии. – ХНУ. – 2009. – 209с.
3. Кругляк Ю.А. Нанoeлектроника: снизу вверх. – Одесса. ТЭС.- 2015. – 536с.

Електронні ресурси

1. nano.com.ua
2. www.nanonewsnet.ru
3. <http://www.nanometer.ru/>
4. <https://physicsworld.com/c/materials/>