Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Факультет математики, фізики та інформаційних технологій
Кафедра фізики та астрономії

Силабус курсу
Теоретичні основи наноелектроніки

Обсяг	4 кредити, 90 год.
Семестр, рік навчання	2, семестр, 1-й рік навчання
Дні, час, місце	Середа, Четвер, 8.00, ауд.30, Пастера 42
Викладач (-і)	Доц. Сушко М.Я.
Контактний телефон	0972500639
E-mail	mrs@onu.edu.ua
Робоче місце	Вул. Пастера 42, ауд. 31
Консультації	Очні консультації: понеділок, 14.30-17.00, вул Пастера 42, ауд. 31

КОМУНІКАЦІЯ

Комунікація зі студентами: E-mail: mrs@onu.edu.ua; Google-Class (хто має акаунт в onu.edu.ua)

АНОТАЦІЯ КУРСУ

Метою викладання навчальної дисципліни є: підготовка фахівців, які здібні розуміти, поєднувати і застосовувати в їх майбутній професійній діяльності ідеї і методи сучасної фізики та електроніки, що вийшли зараз на передній план внаслідок останніх досягнень нанофізики і нанотехнологій.
Завдання:формування у студентів наступної системи компетентностей, що включає:
знання, розуміння, уміння та навички інтерпретації та кількісного опису особливостей явищ та фізичних процесів у проміжних структурах між молекулярними і макроскопічними з'єднаннями та бачення шляхів використання цього досвіду для практичного використання і розвитку новітніх нанотехнологій**;** здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі нанофізики, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, зрозумілого і недвозначного донесення власних знань, висновків та аргументації до фахівців;
Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей:**

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування чисельних методів розв'язання рівнянь математичної фізики і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:
ЗК 01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК 02. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК 03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ЗК 04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК 05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

Спеціальні (фахові) компетентності:
СК 01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.
СК 05. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.
Заплановані результати навчання: по проходженні курсу студенти будуть

знати: основні положення нерелятивістської квантової теорії та методи розв'язання типових задач; розуміти принципи застосування фундаментальних законів квантової механіки у сучасних технологіях

вміти: застосовувати принципи квантової теорії для пояснення явищ і оцінки основних фізичних характеристик квантових об'єктів.

розуміти: роль квантової теорії у технологічному прогресі людства

що забезпечує **програмні результати навчання <u>згідно ОПП</u>**
РН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.
РН02. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.
РН03. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.
РН04. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.
РН05. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.
РН09. Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.

Заплановані результати навчання: по закінченню курсу студенти будуть

знати: нові уявлення, поняття і методи, які на протязі останніх двадцяти років тривко вкоренилися у фізиці і зараз становлять фундамент мезо- і нанофізики, квантові ефекти, особливості транспортних явищ і перетворення енергії у нанорозмірних структурах і пристроях;

вміти: застосовувати принципи квантової теорії до дослідження нанооб'єктів, оцінювати квантово-розмірні і інтерференційні ефекти у електронних наносхемах, знаходити електронні теплові і магнітні характеристики базових елементів наноелектроніки

ОПИС КУРСУ

Форми і методи навчання

Курс буде викладений у формі лекційних (30 год) та самостійної роботи (60 год.).

Під час занять використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод; інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція-відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою).

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Транспортні процеси у наноструктурах

Тема 1. Електронні і теплові потоки в низькорозмірних структурах. Електронний перенос у нанопристроях. Рушійні сили. Балістичні і дифузійні режими провідності. Квантові точки і нанопровідники. Квантові інтерференційні ефекти. Квантовий інтерференційні польові транзистори. Вивільнення тепла у наносхемах. Фундаментальні обмеження на ступень інтеграції та швидкодію. Теплопровідність, електропровідність і термоелектричні ефекти у нанопровідниках. Обчислення електричного опору, коефіцієнтів Пелтье і Зеєбека, електронної теплопровідності. Вимірювання транспортних характеристик.

Тема 2. Вуглецеві наноструктури. Графен. Структура і методи отримання. Густина електронних станів і густина носіїв. Розсіяння носіїв. Фононний спектр. Теплопровідність графену. Металеві і напівпровідникові нанотрубки. Електронна структура нанотрубок. Оптичні переходи. Багатостінкові трубки.

Тема 3. Елементи спінтрониіки. Гігантський магніторезистивний ефект у наногетероструктурах. Поняття спінового струму. Спінова дифузія. Інжекція спінів. Спінрушійні сили і моменти сил. Спіновий польовий інтерференційний транзистор.

Рекомендована література

Основна

1. Suprio Datta. Lesson from Nanoelectronics. A New Perspective on Transport, Lessons from Nanoscience: A Lecture Notes Series, Vol. 1, Lessons from Nanoscience: A Lecture Notes Series, Vol. 2, World Scientific Publishing, 2013, 2012, 492 pp.
2. Mark Lundstrom, Changwook Jeong. Near Equilibrium transport. Fundamentals and Applications, Lessons from Nanoscience: A Lecture Notes Series, Vol. 2, World Scientific Publishing, 2013, 252 pp. https://doi.org/10.1063/5.0133335
3. В.М. Адамян, В.В. Завальнюк, В.М. Адамян, В.В. Завальнюк, Теоретичні основи наноелектроніки (конспект лекцій), Одеса 2019, с. 60
4. І.О. Вакарчук. Квантова механіка, 3-тє видання, Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2007, 848 стр.

Додаткова

1. Ashcroft, Neil W.; Mermin, N. David, Solid state physics. New York: 1976
2. J. Fang et al., Recent advances in low-dimensional semiconductor nanomaterials and their applications in high-performance photodetectors, InfoMat **2** (2019), p. 291-317

Інформаційні ресурси

1. A resource for nanoscience and nanotechnology: http://nanohub.org
2. **http://theorphys.onu.edu.ua/uk**

ОЦІНЮВАННЯ

Поточний контроль здійснюється за результатами виконання контрольних робіт студентів, та залікового тесту.

Критерії оцінювання виконання самостійної роботи

Критеріями оцінювання є: повнота виконання завдання, структура і якість відповідей та на додаткові запитання викладача.

Критерії оцінювання контрольних робіт

Критеріями оцінювання є правильність та повнота відповіді на тестові питання, обгрунтування правильних та виправлення помилок в результаті особистого захисту роботи. Кількість балів визначається за сумою правильних відповідей з урахуванням логічних зв'язків між завданнями при комп'ютерній обробці результатів тесту. Оцінюється також активність студента в процесі занять: усне опитування, виконання самостійних робіт; розв’язання задач.

Підсумковий семестровий контроль (залік)

за кожну наступну незначну помилку чи суперечність знімається 1 бал;

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти згідно положення ОНУ ім І.І. Мечникова. Кінцева оцінка виставляється за сумою балів поточного та підсумкового контролю за шкалою, що наведена нижче.

ПОЛІТИКА КУРСУ

Визначається нормативними документами/Положеннями, які є чинними в ОНУ імені І.І.Мечникова (https://onu.edu.ua/uk/geninfo/official-documents).

Дедлайн виконання завдань з курсу визначає викладач. В разі поважних причин, перенесення терміну виконання завдань дозволяє викладач. Перескладання заборгованостей – з дозволу деканату.

Кожен студент повинен пам'ятати про академічну доброчесність що забезпечується самостійним виконанням навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю, належним посиланням на джерела інформації у разі виконання творчих робіт, дотриманням норм законодавства про авторське право і суміжні права, наданням достовірної інформації про результати власної наукової діяльності.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнуті до академічної відповідальності згідно Положенню про академічну доброчесність в ОНУ імені І.І.Мечникова. (https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/documents/acad-dobrochesnost.pdf).

Відвідування занять для студента 1-го курсу є обов'язковим, як і своєчасний прихід на заняття. Мобільні пристрої під час навчання повинні бути заблоковані.

Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні заняття				Підсумкоо-вий бал
Розділ 1	Розділ 2	Розділ 3	Індивідуальні завдання	
30	30	30	10	100

Підсумкові бали для оцінки знань студентів за розділ розраховуються таким чином:

№	Вид роботи	Форма контролю	Максимальне число балів
1	Аудиторна активність студента		5
2	Виконання домашніх завдань, самостійної роботи	Письмові розв'язки, письмові та усні відповіді	5
3	Сума		10