

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет електроніки та комп'ютерних технологій**  
**Кафедра фізичної та біомедичної електроніки**

**Затверджено**

На засіданні кафедри фізичної та біомедичної електроніки  
факультету електроніки та комп'ютерних  
технологій  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол №1 від 28 серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри  
професор Олег БОРДУН



---

**Силабус з навчальної дисципліни**  
**«Електронні процеси в нанорозмірних системах»,**  
**що викладається в межах ОП**  
**«Пристрої та матеріали сенсорної електроніки »**  
**другого (магістерського) рівня вищої освіти**  
**для здобувачів зі спеціальності**  
**176 «Мікро- та наносистемна техніка »**

<b>Назва дисципліни</b>	Електронні процеси в нанорозмірних системах
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. Драгоманова, 50
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, 176 Мікро- та наносистемна техніка
<b>Викладачі дисципліни</b>	Бігун Роман Іванович, доктор фіз.-мат. наук, доцент, доцент кафедри фізичної та біомедичної електроніки
<b>Контактна інформація викладачів</b>	roman.bihun@lnu.edu.ua,
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/elektronni-protsezy-v-nanorozmirnyh-systemah/">https://electronics.lnu.edu.ua/course/elektronni-protsezy-v-nanorozmirnyh-systemah/</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна «Електронні процеси в нанорозмірних системах» є нормативною дисципліною з спеціальності 176 «Мікро- та наносистемна техніка» освітньої програми «Пристрої та матеріали сенсорної електроніки і», яка викладається в 2-му семестрі в обсязі 7 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	<p>Курс „Електронні процеси в нанорозмірних системах” є одним з профільюючих у підготовці студентів технічних та інженерних спеціальностей. Без ґрунтовних знань в області явищ перенесення заряду у нанорозмірних системах та металевих конденсатах, неможлива майбутня повноцінна професійна діяльність при математичному моделюванні, інженерному проектуванні, розробці та діагностиці елементної бази мікро- та наносистемної техніки, тощо. Закономірності та явища фізики нанорозмірного стану є основою сучасної мікро та наноелектроніки, фундаментом для різних галузей науки та техніки. Їхнє вивчення під час лекційних і лабораторних занять розширює пізнавальні та інженерні навички та дає змогу опанувати багато інших важливих курсів на факультеті електроніки.</p> <p>Лабораторний практикум з курсу „Електронні процеси в нанорозмірних системах” для студентів факультету електроніки та комп'ютерних технологій є важливим фундаментом для набуття навичок роботи з апаратурою на базі пристроїв сучасної мікроелектроніки, дає відомості про методи дослідження фізичних явищ, закладає передумови для самостійної наукової роботи.</p>
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою вивчення нормативної дисципліни „Електронні процеси в нанорозмірних системах” є формування в майбутнього спеціаліста цілісної картини фізичних явищ і процесів при роботі та керуванні сучасною мікропроцесорною електронікою. Це передбачає виклад основ явищ перенесення заряду в нанорозмірних системах та роботи сучасної мікропроцесорної техніки. Предмет навчальної дисципліни включає основні поняття, закономірності, закони, проектування та розробку керуючих елементів мікропроцесорної техніки, що відносяться до розділів фізики нанорозмірного стану та електроніки.

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p><b>Основна література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, В. І. Ільченко. Мікроелектроніка і наноелектроніка. Вступ до спеціальності: навч. посіб. К.: НТУУ «КПІ», 2010. 160 с. Бібліогр.: с.157</li> <li>1. Сусліков Л.М., Дьордяй В.С. Фізика і технологія наноматеріалів: навчальний посібник для студентів фізико-технічних спеціальностей. – Ужгород: Видавництво «Говерла», 2023. – 437 с.</li> <li>2. Погосов В.В., Куницький Ю.А., Бабіч А.В., Коротун А.В., Шпак А.П. Нанофізика і нанотехнології / Навчальний посібник (з грифом МОНУ), Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. 368 с.</li> <li>3. Б.П. Коман. Функціональні елементи інформаційних систем на базі напівпровідникової електроніки: навчальний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. 794 с.</li> <li>4. Бондаренко І.М. Сучасна компонента база електронних систем. Навчальний посібник. Харків, ХНУРЕ: 2020.- 268с.</li> <li>5. Мельник О.С. Компоненти мікро- та наноелектроніки. Конспект лекцій. - К.: Каф. електроніки ІАН НАУ, 2013. -191 с. <a href="https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42846">https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42846</a></li> <li>6. Massimiliano di Ventra. Electrical Transport in Nanoscale Systems. 2008. Cambridge University Press. The Edinburgh Building, Cambridge CB2 8RU, UK. Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York. <a href="https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780511421624_A23678240/preview-9780511421624_A23678240.pdf">https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780511421624_A23678240/preview-9780511421624_A23678240.pdf</a></li> </ol> <p><b>Додаткова література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. І.О. Вакарчук. Квантова механіка. Видання третє, доповнене. Підручник. ЛНУ імені Івана Франка. 2007. 848 с.</li> <li>8. Sh. Mostufa, Sh. Liang, V. Kumar Chugh, J.-P. Wang &amp; K. Wu. Spintronic devices for biomedical applications. Review article. / <i>npj Spintronics</i>, 2:26 (2024). <a href="https://doi.org/10.1038/s44306-024-00031-6">https://doi.org/10.1038/s44306-024-00031-6</a>.</li> </ol>
<p>Обсяг курсу</p>	<p>Кількість кредитів ЄКТС: 7 (210 год), з них: 64 години аудиторних занять (32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт), 146 годин самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Після завершення курсу студент буде:</p> <p><b>Знати</b> основні ідеї, поняття та закони сучасної наноелектроніки електроніки, фізики розмірного ефекту, межі їхнього застосування, тенденції та напрямки розвитку сучасної наноелектроніки на основі отриманих знань в області фізики розмірного стану та сучасної мікро- і наноелектроніки; базові принципи роботи сучасних функціональних та цифрових пристроїв електроніки; головні технічні проблеми, щодо експлуатації, режимів роботи, діапазонів та особливостей застосування сучасних функціональних та цифрових елементів і вузлів наносистемної техніки.</p> <p><b>Вміти</b> застосовувати вивчені закони і принципи для постановки та розв'язування задач з сучасної наноелектроніки; застосовувати здобуті знання на практиці, під час вивчення та дослідження роботи елементів сучасної наноелектроніки; пояснювати електричні процеси та явища, що є в основі принципів роботи сучасної мікро- та нано- системної техніки, використовуються при роботі цифрової і функціональної техніки; діагностувати алгоритми роботи та область застосування фізичних методів і пристроїв, робота яких ґрунтується на явищах перенесення заряду та впливу на них розмірних ефектів.</p> <p>Після вивчення даного курсу здобувачі набудуть таких Загальних(ЗК)/Спеціальні(СК) компетентностей та Програмних результатів навчання (Р):</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.  ЗК4. Здатність проводити досліджень на відповідному рівні.  ЗК5. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.  ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</p>

	<p>ЗК8. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).</p> <p>СК2. Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.</p> <p>СК3. Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та наноелектронні системи різного призначення.</p> <p>СК5. Здатність аргументувати вибір методів розв'язання складних задач і проблем мікро- та наносистемної техніки, критично оцінювати отримані результати та аргументувати прийняті рішення.</p> <p>СК6. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності.</p> <p>СК7. Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти у сфері мікро- та наносистемної техніки, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти.</p> <p>Р1. Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.</p> <p>Р2. Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.</p> <p>Р4. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікро- та наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.</p> <p>Р6. Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування.</p> <p>Р7. Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.</p> <p>Р8. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.</p> <p>Р11. Досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.</p> <p>Р12. Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та наноелектроніки.</p>
<b>Ключові слова</b>	Розмірний ефект, металічні та напівпровідникові матеріали в нанорозмірному стані, явища перенесення заряду в зразках обмежених розмірів, нано- та мікроелектроніка.
<b>Формат курсу</b>	Очний.
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
<b>Теми</b>	Див. СХЕМА КУРСУ
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань у галузі 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації. Необхідні знання з таких розділів математики та фізики: математичний аналіз, кінетичні явища в твердих тілах

<p><b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b></p>	<p>Презентації, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусії.</p>
<p><b>Необхідне обладнання</b></p>	<p>Мультимедіа, платформа Moodle, платформа MS Teams, комп'ютерне програмне забезпечення (Python, OriginLab, Excel, Word). Вакуумні пости ВУП-5М та установки надвисокого вакууму УСУ-4. Інтерференційний мікроскоп МІІ-4, п'єзокварцові давачі товщини, спектрофотометр СФ-46.</p>
<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• лабораторні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30;</li> <li>• контрольні заміри (2 модулі): 20% семестрової оцінки; максимальна кількість балів (2x10=20);</li> <li>• іспит: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50.</li> </ul> <p>Загалом упродовж семестру 100 балів.</p>
	<p><b>Академічна доброчесність:</b> Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи шахравання.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Дотримання вимог Положення про академічну доброчесність: <a href="https://ipcpm.in.ua/wp-content/uploads/3.1.3-pipfk-pro-akademichnu-dobrocheshnist.pdf">https://ipcpm.in.ua/wp-content/uploads/3.1.3-pipfk-pro-akademichnu-dobrocheshnist.pdf</a></p> <p><b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт дисципліни</p> <p><b>Література.</b> Література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані під час семестру, виконанні самостійної роботи та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p><b>Політика встановлення балів.</b> Враховуються бали набрані при поточному контролі (виконання лабораторних робіт, модулів), самостійній роботі та бали підсумкового іспиту. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом ноутбукком чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат;</p>

несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

**Оцінювання лабораторних робіт** (14 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 30) відбувається шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту звіту:

• лабораторні роботи 1-14 (0-5 балів за одну роботу)

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання;

4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал, повністю самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками);

3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з помірними недоліками;

2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал, частково самостійно реалізує поставлені завдання для виконання роботи, та в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, демонструє використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання з суттєвими недоліками;

1 - студент погано розуміє розглянутий матеріал та використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином, не в змозі самостійно реалізувати завдання для виконання роботи, лише при допомозі викладача;

0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, використані підходи, методи, прототипи, моделі відповідно до завдання не функціонують належним чином /не функціонують взагалі, не в змозі при допомозі викладача реалізувати завдання для виконання роботи

У підсумку, всі набрані бали множаться на коефіцієнт для переведення у 30-ти бальну шкалу

**Контрольні заміри** проводяться у формі тестових завдань (2 модулі, 10 балів за кожний).

**Іспит** оцінюється за 50 бальною системою згідно наступних критеріїв:

Бали	Критерії оцінювання
40–50	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.
25–39	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.
14–24	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.
1–13	Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно. Відсутність чіткого і логічного формулювання.

0

Не виконав.

**Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:** Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, участь у діяльності наукових гуртків, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах, семінарах чи онлайн-школах, курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.

**Питання до  
контрольних робіт**

Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт:

1. Квантове обмеження закону Мура.
2. Основи зонної інженерії та інженерії хвильових функцій. Надградки.
3. Напівпровідникові структури з квантовими ямами.
4. Квантові точки.
5. Розмірні квантові ефекти в напівпровідникових структурах.
6. Квантові особливості надбар'єрного проходження електронів.
7. Тунелювання електронів через потенціальний бар'єр.
8. Резонансне тунелювання крізь подвійний бар'єр з квантовою ямою.
9. Резонансне тунелювання на багатобар'єрних квантових структурах.
10. ВАХ резонансно-тунельного діода. Ідеальна форма резонансного піку на ВАХ РТД.
11. Напівпровідникові прилади з резонансним тунелюванням. Транзистор з ДБКС-емітером.
12. Біполярні транзистори з резонансним тунелюванням (БТРТ).
13. Польовий транзистор з резонансним тунелюванням.
14. Транзистор з паралельним квантовими каналами.
15. Шарк-ефект-транзистор.
16. Транзистори з квантовою інтерференцією електронних хвиль.
17. Поверхня напівпровідників і двомірна кристаллографія.
18. Особливості електронного транспорту у розмірних напівпровідникових структурах.
19. Квантова провідність напівпровідникових квантових дріотів.

	<p>20. Температурне гасіння квантованої провідності у низкорозмірних системах.</p> <p>21. Одноелектронне перезарядження квантових точок.</p> <p>22. Локальна тунельна спкстроскопія кватових точок.</p> <p>23. Прилади напівпровідникової наноелектроніки. Малоелектронні штучні атоми.</p> <p>24. Кремнієвий транзистор на поодиноких електронах.</p> <p>25. Комірка пам'яті на поодиноких дірках.</p> <p>26. Одноелектронна елементарна база інформатики.</p> <p>27. Основи одно електроніки.</p> <p>28. Кулонівська блокада.</p> <p>29. Кулонівська драбина.</p> <p>30. Одноелектронний транзистор.</p> <p>31. Одноелектронні логічні схеми.</p> <p>32. Одноелектронні клітинні автомати.</p> <p>33. Одноелектронні елементи і матриці пам'яті.</p> <p>34. Спінтроніка. Спінтроні елементи інформатики. Фізичні засади спінтроніки.</p> <p>35. Спіновий клапан.</p> <p>36. Спін-вентельний транзистор.</p> <p>37. Тунельний спін-вентельний транзистор.</p> <p>38. Спін-транзистор з напівпровідниковою базою.</p> <p>39. Спін-польовий транзистор.</p> <p>40. Спінтронні акумулятори.</p> <p>41. Надпровідна елемента база на кріотронах.</p> <p>42. Переходи та ефекти Джозефсона.</p> <p>43. Сквіди з переходами Джозефсона. Стандарт Вольта.</p> <p>44. Молекулярна елемента база сучасної електроніки. Молекулярна пам'ять. Логічні елементи на молекулялах.</p> <p>45. Молекулярний транзистор.</p> <p>46. Молекулярні клітинні автомати.</p> <p>47. Становлення та пекспективи молекулярної технології.</p> <p>48. Вуглицева елементна база інформатики.</p> <p>49. Фулерени.</p> <p>50. Вуглицеві нанотрубки.</p> <p>51. Графен.</p> <p>52. Польові транзистори та логічні елементи на основі вуглицевих нанотрубок та фулеренів.</p> <p>53. Комплементарна ВНТ-логіка (інвертор)</p> <p>54. ВНТ флеш-пам'ять з плаваючим затвором.</p> <p>55. Польові транзистори на основі графену.</p> <p>56. Поняття квантових обчислень.</p> <p>57. Квантовий регістр.</p> <p>58. Квантові логічні операції.</p> <p>59. Квантові алгоритми та квантові обчислення. Декогерентизація.</p> <p>60. Фізична реалізація кубіта.</p> <p>61. Квантові процесори на сонові спінового магнітного резонансу.</p> <p>62. Квантовий процесор Кейна.</p> <p>63. Ансамблевий ЯМР квантовий процесор.</p> <p>64. ЯМР квантовий процесор на онові атомів, капсульованих у фулеренах.</p> <p>65. Квантовий процесор на основі електронного спіногов резонансу.</p> <p>66. Квантові процесори на переходах Джозефсона.</p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

## СХЕМА КУРСУ



Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Вступ до кінетичних явищ в нанорозмірних металевих та напівпровідникових структурах.	Лекція (2 год)	1, 3, 4, 7	Вступ.	кінець поточного тижня
2	Вплив розмірного ефекту на явища перенесення заряду в плівках металів. Підхід Фукса-Зондгеймера.	Лекція (2 год)	1, 3, 4, 7	Розрахунок розмірної залежності теплопровідності нанорозмірних металевих плівок міді (закон Відемана-Франса). (Origin Lab) 2 год	кінець поточного тижня
3	Аналіз та особливості розрахунку кінетичного рівняння Больцмана при описі кінетичних явищ у нанорозмірних структурах.	Лекція (2 год)	1, 3, 4, 7	Аналіз та розрахунок кінетичних коефіцієнтів в нанорозмірних плівках металів (підхід Фукса-Зондгеймера). (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
4	Вплив внутрішнього розмірного ефекту на умови перенесення заряду в плівках металів. Підходи Маядаса-Шацкеса та Ательє-Тосе-Пішара.	Лекція (2 год)	1, 3, 4, 7	Оцінка та розрахунок міжзеренного тунелювання в плівках металів (підхід Маядаса-Шацкеса) (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
5	Вплив поверхневих неоднорідностей товщини на умови перенесення зарядів в плівках металів у режимі класичного розмірного ефекту. Підходи Намба та Вісмана.	Лекція (2 год)	1, 3, 5, 6	Оцінка міжзеренного тунелювання в плівках металів (підхід Тель-Тосе-Пішара) (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
6	Вплив поверхневих неоднорідностей товщини на умови перенесення заряду в плівках металів у режимі квантового розмірного ефекту. Підходи Тесановіча, Фішмана-Салецького та SHW.	Лекція (2 год)	1, 3, 4, 7	Оцінка параметрів поверхневих неоднорідностей в нанорозмірних плівках металів (підхід Намба) (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
7	Умови виникнення та переходу від класичного до балістичного режиму перенесення заряду у нанорозмірні плівки металу. Підхід Больцмана.	Лекція (2 год)	1, 3, 4, 6	Оцінка параметрів поверхневих неоднорідностей в нанорозмірних плівках металів (підхід Вісмана) (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
8	Особливості взаємодії світла з металевими структурами. Диспергована, перколяційна та суцільні структури нанорозмірного конденсату.	Лекція (2 год)	1, 3, 5, 6	Оцінка частоти плазмонного резонансу в нанорозмірних плівках срібла різної структури. (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
9	Перколяційні процеси в плівках металів та н/п. Технології та методи формування перколяційного кластера металу на поверхні діелектричних підкладок.	Лекція (2 год)	1, 3, 4, 7	Опис розмірного ходу провідності нанорозмірної плівки металу в режимі балістичного перенесення заряду. (підхід Больцмана) (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
10	Мікро- та наноелементна база інформатики на основі сучасних підходів та розмірних структур. Закон Мура. Квантовий транзистор.	Лекція (2 год)	2, 4, 7	Оцінка кінетичних процесів у нанорозмірній металевих структурах сформованих на поверхні плівок Ge різної товщини. (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
11	Напівпровідникова та металева наноелектроніка, як елементна база сучасних цифрових системах.	Лекція (2 год)	2, 4, 7	Оцінка критичної товщини перколяційного переходу у нанорозмірних металевих структурах. (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
12	Спінтронні структури в якості елементів цифрових систем.	Лекція (2 год)	2, 3, 7	Оцінка частоти плазмонного резонансу в нанорозмірних плівках золота різної товщини. (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня

13	Наноплазмоніка. Плазмонний резонанс. Присторої на базі наноплазмоніки.	Лекція (2 год)	2, 3, 4, 7	Розрахунок кінетичних параметрів в нанорозмірних плівках металів (QSE підхід Тесановіча) (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
14	Надпровідна елементна база сучасної інформатики.	Лекція (2 год)	2, 3, 4, 7	Аналіз особливостей диспергованої структури плівок срібла на поверхні нанорозмірних підшарів германію. (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
15	Швидкісна одноквантова логіка. ШОК-логіка.	Лекція (2 год)	2, 3, 4, 7	Розрахунок та оцінка параметра Зеєбека нанорозмірних плівок міді при низькотемпературному градієнті температур (78-90 K). (OriginLab, 2D Plot) 2 год	кінець поточного тижня
16	Вуглецева елементна база інформатики.	Лекція (2 год)	2, 3, 4, 7	Підсумкове заняття	кінець поточного тижня