Вінницький національний технічний університет
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем
Факультет інформаційних електронних систем

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В БІОЛОГІЇ ТА МЕДИЦИНІ

обов'язковий освітній компонент
І (бакалаврський) рівень вищої освіти

Освітня програма **Біомедична інженерія**
Спеціальність **163 Біомедична інженерія**
Викладач: **Павлов С. В.**, професор, д.т.н
Мови викладання: **українська**
Семестр – **7**
Кредитів ЄКТС – **7**
Лекцій – **63 год.**
Лабораторних – **45 год.**
Практичних – 1**8 год.**
Самостійна робота – **84 год.**
Вид контролю – **іспит**

Передумови для вивчення: Обов'язковий освітній компонент професійної підготовки, який базується на знаннях, отриманих здобувачами при вивченні дисциплін «Електроніка. Цифрова схемотехніка», «Вимірювальні перетворювачі і датчики для медико-технічних систем». В свою чергу, дисципліна передує вивченню дисципліни «Біомедичні прилади, апарати і комплекси. Лікувальна техніка» та написанню бакалаврської кваліфікаційної роботи.

Мета курсу викладання навчальної дисципліни «Нанотехнології в біології» полягає в тому, щоб дати студентам фундаментальні та прикладні знання в області вивчення властивостей проходження оптичного випромінювання через оптичні середовища та оптичні системи та в подальшому врахуванню цих властивостей при пристрої наноелектроніки для біомедицини.

Компетентності

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
ЗК5. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
ЗК9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного

рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
ЗК11. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
ЗК12. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина України.
ЗК13. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
ЗК14. Здатність дотримуватись принципів академічної доброчесності під час навчання та в подальшій професійній діяльності.

СК1. Здатність застосовувати пакети інженерного програмного забезпечення для проведення досліджень, аналізу, обробки та представлення результатів, а також для автоматизованого проєктування медичних приладів та систем.
СК3. Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проєктування та оптимізації медичних приладів і систем.
СК4. Здатність забезпечувати технічні та функціональні характеристики систем і засобів, що використовуються в медицині та біології (при профілактиці, діагностиці, лікуванні та реабілітації).
СК5. Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.
СК6. Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проєктування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.
СК8. Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).
СК9. Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.
СК10. Здатність застосовувати принципи побудови сучасних автоматизованих систем управління виробництвом медичних приладів, їх технічне, алгоритмічне, інформаційне і програмне забезпечення.
СК12. Здатність проєктувати і визначати умови застосування біомедичних імплантів.
Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Програмні результати навчання

ПРН 1. Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.

ПРН 2. Формулювати логічні висновки та обґрунтовані рекомендації щодо оцінки, експлуатації та впровадженні біотехнічних, медико-технічних та біоінженерних засобів і методів.
ПРН 6. Вміти спілкуватися з професіоналами в області охорони здоров'я державною та іноземною (англійською або однією з інших офіційних мов ЄС) мовами та розуміти їхні вимоги до біомедичних продуктів і послуг.
ПРН 8. Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.
ПРН 9. Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та застосування штучних біологічних і біотехнічних об'єктів та матеріалів медичного призначення.
ПРН 10. Вміти планувати, організовувати, направляти і контролювати медико-технічні та біоінженерні системи і процеси.
ПРН 11. Здійснювати контроль якості та умов експлуатації медичної техніки та матеріалів медичного призначення, штучних органів та протезів.
ПРН 12. Надавати рекомендації щодо вибору обладнання для забезпечення проведення діагностики та лікування.
ПРН 14. Вміти аналізувати рівень відповідності сучасним світовим стандартам, а також оцінювати рішення і складати завдання на розробку автоматизованих систем управління з урахуванням можливостей сучасних технічних і програмних засобів автоматизації медичного обладнання.
ПРН 15. Вміти складати завдання на розробку автоматизованих систем управління з урахуванням можливостей сучасних технічних і програмних засобів автоматизації медичного обладнання.
ПРН 16. Вміти вибирати та рекомендувати відповідне медичне обладнання і біоматеріали для оснащення медичних закладів та забезпечення основних стадій технологічного процесу діагностики, профілактики та лікування.
ПРН 17. Вміти використовувати системи автоматизованого проєктування для розробки технологічної та апаратної схеми медичних приладів та систем.
ПРН 18. Застосовувати знання з хімії та біоінженерії для створення, синтезу та застосування штучних біотехнічних та біологічних об'єктів.
ПРН 20. Проєктувати, вибирати матеріал та розробляти технологію виготовлення біомедичних імплантів.

Тематика курсу

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ І. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАНООБ`ЄКТІВ. ОСНОВИ ФІЗИКИ СУБМІКРОННИХ ТА НАНОРОЗМІРНИХ СТРУКТУР

Тема1. ВСТУП. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАНООБ`ЄКТІВ В БІОМЕДИЦИНІ ТА ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Що таке наночастинка і наноструктура з точки зору фізики нанооб`єктів. Кластери. Об`ємні наноструктуровані матеріали в біології. Фулерени та нанотрубки.

Тема 2. ОПТИЧНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Оптичний діапазон. Основні властивості оптичного випромінювання. Променистий потік і світловий потік. Сила світла. Освітлюваність. Світимість. Яскравість. Інтегральні по часу величини. Коефіцієнт корисної дії та світлова віддача випромінювача. Ефективність випромінювання. Фотонні величини. Спектральні величини. Ефективність випромінювання.

Тема 3. ТЕПЛОВЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ.

Закон Кірхгофа. Закон збереження енергії. Випромінювання чорного тіла. Випромінювання реальних тіл. Еквівалентні температури.

Тема 4. ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ В БІОЛОГІЇ

Види люмінесценції. Газовий розряд. Фотолюмінесценція. Люмінофори. Світловипромінюючі діоди. Флуоресцентний аналіз.

Тема 5. РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ.

Закон Ламберта. Прості випромінювачі. Освітлюваність від просторових випромінювачів. Освітлюваність оптичного зображення. Закон Манжета. Оптичні властивості тіл. Явища на межі двох середовищ. Поглинання та пропускання. Розсіювання. Направлене та розсіюване відбиття пропускання. Коефіцієнт яскравості. Яскравість променя. Просторова освітлюваність.

Тема 6. РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ В БІОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ.

Основні фізичні принципи взаємодії оптичного випромінювання з біотканинами. Аналіз математичних моделей взаємодії оптичного випромінювання з біотканинами для аналізу кровонаповнення

Тема 7. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНІЗМІВ ВЗАЄМОДІЇ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ З БІОЛОГІЧНИМИ СИСТЕМАМИ.

Особливості взаємодії лазерного випромінювання. Властивості випромінювання й особливості його взаємодії з біологічними системами. Принципи лазерної діагностики. Розповсюдження світла в багатошарових тканинах. Біофізичний механізм дії лазерного випромінювання на тканину. Біологічні ефекти, які виникають у тканині під впливом лазерного випромінювання. Фотобіохімічні ефекти – біостимуляція. Фототермічні і фотоіонізаційні ефекти. Методи лазерного опромінення: лазеропунктура; методи визначення місцерозташування БАТ;

фізіологічні механізми дії акупунктури на організм; дія лазерного випромінювання на кров; про молекулярний механізм дії НІЛВ видимого; нелінійні оптичні властивості опромінених біотканин; лазерна літотріпсія

Тема 8. ФОТОФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ТВЕРДИХ ТІЛАХ.

Поглинання світла напівпровідниками і діелектриками. Власне і невласне поглинання. Фотоелектрично активне і неактивне поглинання. Поглинання світла, обумовлене поверхневими станами. Спектри поглинання і віддзеркалення твердих тіл. Оптичні спектри дисперсних твердих тіл. Кінетичні процеси за участю екситонів, електронів і дірок в напівпровідниках і діелектриках. Дифузія і дрейфування носіїв. Фотогенерація і рекомбінація носіїв. Концентрація і час життя фотоносіїв. Особливості процесів захвату носіїв на поверхні і в приповерхневої області. Поверхнева рекомбінація. Просторовий розподіл концентрації носіїв в твердому телі, обмеженому поверхнею при нерівномірній генерації. Квазірівні Фермі.

ЗМІСТОВНИЙ МОДУЛЬ ІІ. ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У НАНООБ`ЄКТАХ В БІОЛОГІЇ. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНО- ТА МІКРООБ'ЄКТІВ В БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Тема 9. ОСОБЛИВОСТІ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ У НАНООБ`ЄКТАХ В БІОЛОГІЇ.

Густина станів у 0D-, 1D- та 2D- нанооб`єктах, Квантові точки. Одноелектронне тунелювання в системі квантових точок. Особливості кінетики у мезоскопічних системах. Явище локації. Локація електронів в тонких дротах. Закономірності зміни оптичних явищ у напівпровідниках при переході від масивного кристалу до нанорозмірного. Ефект макроскопічного квантового тунелювання.

Тема 10. НАНОМАТЕРІАЛИ ДЛЯ НАНОЕЛЕКТРОНІКИ

Нанорозмірні надпровідники. Наноструктуровані кристали для фотоніки. Сегнетоелектроніки. Наноферомагнетики. Наночастинки у технології пристроїв генерування енергії.

Тема 11. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНО- ТА МІКРООБ'ЄКТІВ В БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Діагностика поверхні твердого тіла та структури. Електронна мікроскопія. Скандувальна зондова мікроскопія. Рентгено-електрона спектроскопія. Оже-спектроскопія. Іонні спектральні методи дослідження поверхні. Катодолюмінісцентна спектроскопія. Фотолюмінесцентне дослідження спектрів. Оптична інфрачервона та раманівська спектроскопія

Тема 12. МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ НАНОРОЗМІРНИХ СТРУКТУР В БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Базові технології формування нанорозмірних структур. Вакуумні методи формування плівок органічних матеріалів. Молекулярний конструктор Ленгмюра-

Блоджетт. Технологія формування плівок з розчину. Зондові нанотехнології

Тема 13. ПРИСТРОЇ НАНОЕЛЕКТРОНІКИ ДЛЯ БІОМЕДИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Кулонівська блокада електричного струму та одноелектронний транзистор. Інфрачервоні детектори та лазери на квантових точках. Нанотранзистори на нанотрубках і квантові інтегральні схеми. Мезоскопічні молекулярні перемикачі і нанокомп`ютери. Супрамолекулярні пристрої та їх гібридні модифікати. Пристрої спінтроніки. Наноконденсатори та нанофотоакумулятори. Оптико-механічні перетворювачі і наномашини для медицини.

Тема 14. СВІТЛОВИПРОМІНЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ НА ОСНОВІ ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Сучасний стан розвитку органічних світло діодів, галузі їх використання. Базові структури та принципи функціонування OLED. Органічні світло діоди білого кольору свічення.

Тема 15. ОРГАНІЧНІ СОНЯЧНІ ФОТОЕЛЕМЕНТИ. СЕНСОРИ НА ОСНОВІ ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Фотоелектричні методи перетворення сонячної енергії. Фото чутливість органічних напівпровідників. Фізика функціонування органічних сонячних фотоелементів . Структура органічних сонячних фотоелементів. Принципи функціонування газових сенсорів на основі органічних напівпровідників. Взаємодія молекул газу з плівками органічних матеріалів. Структура та принципи функціонування сенсорів. Транзисторні та діодні сенсори. Оптичні сенсорні пристрої та сенсори на основі поверхнево-плазмового резонансу, п’єзоелектричних ефектів та поверхнево-акустичних хвиль.

ТЕМА 16. АНАЛИЗ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК. КЛАССИФИКАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ. ПРИМЕНЕНИЕ В БИОМЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

Особенности учета различных типов межмодовых взаимодействий оптического излучения Особенности реализации волоконных решеток с линейным изменением показателя преломления. Длиннопериодные волоконные решетки. Анализ методов изготовления брэгговских решеток с линейным ПП. Классификация методов записи в ВБР. Особенности технологии записи с применением фазовой маски, интерферометров Ллойда, Тальбота для получения требуемых характертистик ВБР. Исследование влияния температурных и механических изменений на показатель длины волны отраженного сигнала. Разработка математической модели трансформации оптического излучения путем изменения температуры и деформации растяжения оптических волокон. Рекомендации по применению ИИС на основе ВБР в качестве биосенсоров контроля сахара в крови

Тема 17. ВИСОКОЕФЕКТИВНІ МІКРО-, НАНОТЕХНОЛОГІЙ ОПТОЕЛЕТРОНІКИ І КОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ НА ЇХ ОСНОВІ

Сучасні високоефективні мікро- і нанотехнології матеріалів, елементів, приладів оптоелектроніки та оптичних систем обробки і транспортування інформації. технічні та виробничі аспекти сучасних джерел випромінювання, оптичного волокна і фотоприймачів, а також комунікаційних систем на їх основі. Нові матеріали з обмеженою розмірністю, оптоелектронні елементи, пристрої і системи зв'язку на їх основі, а також фізико-технологічні основи нових напрямків сучасної наноелектроніки, зокрема квантово-обмеженої оптоелектроніки.

Тема 18. НАНООПТИКА І СПЕКТРОСКОПІЯ НАНОСТРУКТУР.

Методи скануючої близькооптичної мікроскопії, оптичні властивості мікро- і наноструктур з надвисоким просторовою роздільною здатністю, близькопольова спектроскопія комбінаційного розсіяння (нанотрубки, фуллерени, тонкі композитні плівки і ін.), методи атомно-силової мікроскопії і мікроскопії латеральних сил, пружні і адгезійні характеристики мікро- і нанооб'єктів на повітрі і в рідинному середовищі. Механізми формування фотонних заборонених зон в різних матрицях і взаємодії світла з модельованими нанооб'єктами.

Тема 19. ПОВЕРХНЕВІ ПЛАЗМОН - ПОЛЯРИТОНИ

Історичні аспекти, пов'язані з вивченням поверхневими електромагнітними хвилями (ПЕХ). Поняття поверхневих плазмон-поляритонів. Основні властивості поверхневих ПП. Співвідношення для ПЕХ. Характеристики хвиль на межі метал–діелектрик. Плазмонні хвилі в багатошарових системах. Методи збудження та спостереження поверхневих плазмонів. Застосування поверхневих ПП та локалізованих плазмонів.

Практичні заняття

1. Визначення фізико-хімічних характеристик матеріалу залежно від розміру структури.
2. Нанозапис інформації та її зчитування. Мікросхеми нанорозмірів
3. Методи дослідження наноструктур.
4. Нанотехнології та безпека
5. Способи отримання наноматеріалів.
6. Властивості нанотрубок.
7. Перспективи розвитку наномедицини.
8. Стандартизація в нанотехнології.

Лабораторні роботи

1. Дослідження оптичних характеристик при лазерному опромінюванні
2. Діагностика гуморальних середовищ
3. Контроль волоконно-оптичних ліній зв'язку.
4. Визначення коефіцієнта пропускання за допомогою спектрофотометра СФ- 46.
5. Дослідження властивостей взаємодії світла з біотканиною.
6. Первинні наноматеріали.
7. Методи моделювання наноструктур

Індивідуальні завдання

Робочим навчальним планом передбачена індивідуальна робота: реферати з окремих тем курсу та доповіді на щорічну науково-теоретичну конференцію викладачів, співробітників та студентів ВНТУ та інші науково-технічні конференції та семінари, підготовка наукових публікації.

Форми контролю:

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань здобувачів під час практичного заняття, тестування, 2 колоквіумів, диференційованого заліку.

Оцінювання результатів навчання

Вид роботи	Модуль	
	1	2
1. Виконання практичних завдань	8 / 2	8 / 2
2. Виконання лабораторних робіт	16 / 4	12 / 4
3. Колоквіуми	10	10
4. Виконання завдань з СРС	6	5
Всього	40	35

Шкала підсумкового оцінювання оцінювання в балах та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90 – 100	**A**
82 – 89	**B**
75 – 81	**C**
64 – 74	**D**
60 – 63	**E**
35 – 59	**FX** незадовільно з можливістю повторного складання
0 – 34	**F** незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Політика курсу

Викладач та всі учасники освітнього процесу з дисципліни зобов'язані дотримуватися тих морально-етичних норм, які викладені у Кодексі етики ВНТУ, Положення про академічну доброчесність у ВНТУ, Положення про рейтингову систему оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти у Вінницькому національному технічному університеті і розуміють, що за порушення викладених у положеннях принципів учасники освітнього процесу несуть повну особисту відповідальність.

Базові інформаційні ресурси

1. Фотоплетизмографічні технології контролю серцево-судинної системи : монографія / [С. В. Павлов, В. П. Кожем'яко, В. Г. Петрук., П.Ф. Колісник.]. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 254 с. – ISBN 978-966-641-211-2.
2. Фізичні основи біомедичної оптики : монографія / [Павлов С. В., Кожем’яко В. П. , Колісник П. Ф. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 152 с. –ISBN 978-966-641-383-6.
3. Прикладна лазерна медицина: навч. та довід. посіб. / [За ред. Х. П. Берльєна, Г. Й. Мюллера]. - М.: Інтерексперт, 1997. - 345 с.Кожем’яко В.П., Готра З.Ю., Павлов С.В., Микитюк З.М., Готра О.З. Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати. Ч. 3. Лазерні біомедичні системи і апарати.- Вінниця.: ВДТУ, 2000. – 143 с.
4. Кожем’яко В.П., Салдан Й.Р., Павлов С.В., Готра О.З. Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати. Ч. 2. Офтальмологічна оптика. Вінниця.: ВДТУ, 2001. – 162 162 с.
5. Петрук В.Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ. Теорія і практика оптичного вимірювального контролю. – Вінниця.: Універсум-Вінниця. – 2000. – 207 с.
6. Готра З.Ю., Ільницький Л.Я., Поліщук О.С. Датчики. - Львів. - Каменяр. - 1995. - 312 с.
7. Кожем'яко В.П., Тимченко Л.І., Білан С.М., Поплавський А.В. Паралельні обчислювальні методи та засоби пірамідальноі обробки інформації. - К. : УМК ВО, 1994. - 253 с.
8. Олійник В. П. Апаратні методи дослідження в біології та медицині: учб. надбавка / В. П. Олійник, С. Н. Спробуй це. – Харків : Нац. аерокосмічний тен-т «Харк. авіації ін-т», 2004. – 110 с.
9. Hematologic Pathophysiology. Lippincott-Raven, Philadelphia.1998.
10. Andreev V.A. и Indukaev K.V. The problem of subrayleigh resolution in interference microscopy. J. Russ. Laser Res. 2003. 24. 220-236.
11. Andreev, V., K. Indukaev, O. Ioselev, A. Legkii, G. Lazarev, D. Orlov. Phase Modulation Microscope MIM-2.1 for Measurements of Surface Microrelief. Results of Measurements. J. Russ. Laser Res. 2005. 26. 394-401.
12. Москаленко О.В. Сучасні методи аналізу сполук і матеріалів (спектральні методи аналізу) / О.В. Москаленко, С.А. Циганков, В.О. Янченко та ін. – Ніжин: Видавництво НДУ імені Миколи Гоголя, 2017. – 250 с.
13. Pavlov S. V. Information Technology in Medical Diagnostics //Waldemar Wójcik, Andrzej Smolarz, July 11, 2017 by CRC Press - 210 Pages. https://doi.org/10.1201/9781315098050. eBook ISBN 9781315098050.