Вінницький національний технічний університет
Кафедра біомедичної інженерії
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем

БІОМЕДИЧНА ФОТОНІКА

(обов'язковий освітній компонент)
ІІІ (освітньо-науковий) рівень вищої освіти

Освітня програма **«Біомедична інженерія»**
Спеціальність **163 – Біомедична інженерія**
Викладачі: **Павлов С. В.,** д. т. н., професор,
Тужанський С. Є., к.т.н., доцент
Мови викладання: **українська**
Семестр – **2**
Годин **- 120**
Кредитів ЄКТС – **4**
Лекцій – **32** год.
Практичних – **32** год.
Самостійна робота – **56** год.
Вид контролю – **диф. залік**

Передумови для вивчення: знання та навички, отримані під час вивчення дисципліни «Вимірювальне та мікропроцесорне забезпечення біомедичних експериментів».

Мета курсу полягає в тому, щоб дати аспірантам фундаментальні та прикладні знання в області вивчення властивостей проходження оптичного випромінювання через оптичні середовища та оптичні системи та в подальшому врахуванню цих властивостей при проектуванні оптико-електронних та оптичних систем з використанням світлових імпульсів, технологічних лазерів для біомедицини, телекомунікації та інших галузей.

Компетентності:

ФК5. Здатність до перегляду існуючих концепцій біомедичної інженерії, біоінженерії та охорони здоров'я з позицій критичного осмислення і адаптації новостворених технологій, шляхом генерування оригінальних гіпотез

ФК6. Здатність обґрунтовувати та захищати використані стратегії, проведені експерименти та застосовані методи інженерних і точних наук для вирішення проблем в біології, медицині, медичній та біоінженерії.
ІК. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері біомедичної інженерії, що перед-бачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та/або професійної практики.

Результати навчання

ПРН5. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проєкти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми біомедичної інженерії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.
ПРН7. Вирішувати завдання і проблеми біоінженерії для штучного створення або заміни клітин, тканин та органів людського тіла, для штучного вдосконалення і корекції їх функцій, розробки на цій основі лікувальних і діагностичних технологій, засобів і систем.
ПРН10. Досліджувати, розробляти, застосовувати та вдосконалювати фундаментальні методи і прикладні інструменти оптики та фотоніки для задач біології та медицини.

ТЕМАТИКА КУРСУ

Змістовий модуль 1. Основні терміни та поняття

Тема 1. 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 2. Використання лазера в біології та медицині як інструмента дослідження

Основні характеристики лазерного випромінювання. Властивості лазерного випромінювання. Принципи розповсюдження світла в неоднорідному середовищу.

Тема 3. Теплове випромінювання.

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

Тема 4. Люмінесценція.

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

Тема 5. Вимірювання основних світлових величин.

Світлові вимірювання. Візуальна фотометрія. Вимірювання сили світла та освітлювання. Вимірювання світлового потоку. Вимірювання яскравості. Вимірювання сили світла люмінесцентних ламп. Вимірювання фотометричних характеристик тіл. Захист від зовнішнього та розсіюваного світла.

Тема 6. Оптичні характеристики поширення 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.

Змістовий модуль 2. Принципи поширення випромінювання в біологічних середовищах

Тема 7. Поширення випромінювання в біологічних середовищах.

Основні фізичні принципи взаємодії оптичного випромінювання з біотканинами.

Аналіз математичних моделей взаємодії оптичного випромінювання з біотканинами для аналізу кровонаповнення

Тема 8. 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 9. Розповсюдження оптичного випромінювання через різні середовища та оптичні системи

Види взаємодії оптичного випромінювання з різними середовищами. Проходження випромінювання через атмосферу. Пропускання атмосферою спектральних інтервалів.

Проходження та розсіювання випромінювання в оптичних середовищах

Тема 10. Аналіз математичних моделей трансформації випромінювання неоднорідними об'єктами з різною структурою

Синтез математичної моделі перетворення випромінювання квазіоднорідним гуморальним середовищем. Кореляційна функція поля розсіяння гуморальним середовищем. Аналіз математичної моделі світлорозсіяння плоскопаралельними пористо-волокнистими матеріалами. Аналіз математичної моделі дифузного розсіяння світла шорсткою поверхнею.

Тема 11. Синтез методик вимірювального контролю оптичних параметрів неоднорідних об'єктів на основі прямих експериментальних методів

Синтез математичної моделі трансформації світлового поля у сферичному первинному перетворювачі. Визначення кореляційної функції поля яскравості зразка у центрі сферичного резонатора. Синтез експериментальної методики вимірювального контролю найважливіших спектрофотометричних параметрів неоднорідних середовищ за методом інтегрувальної сфери. Методика визначення основних оптичних функцій речовини. Синтез експериментальної методики вимірювального контролю екстинкції та індикатрис розсіяння квазіоднорідних об'єктів за методом вузьконаправленого пучка.

Тема 12. Специфіка структур, принцип дії та аналіз метрологічних характеристик інтерактивних засобів вимірювального контролю світлорозсіювальних середовищ (апаратна реалізація)

Аналіз метрологічних та технологічних особливостей оптичних зразкових засобів вимірювального контролю. Синтез передатної функції та загальної структурної схеми оптико-електронних систем контрольно-вимірювального типу. Специфіка структури, принцип дії та аналіз метрологічних характеристик інтерактивного багатофункціонального спектрофотометра СФ-46.

Перелік практичних робіт

1. Дослідження методів обробки фотоплетизмографічних сигналів
2. Дослідження методів інфрачервоної спектроскопії гуморальних середовищ
3. Дослідження поглинання мутних середовищ

4. Моделювання спектрального пропускання атмосфери в спектральних інтервалах
5. Моделювання поширення світлового випромінювання у шкірі
6. Дослідження розсіювання випромінювання в оптичних системах
7. Дослідження характеристик біотканин неінвазивним методом за допомогою інтегрувального зонда.
8. Дослідження поляризаційних характеристик світла при взаємодії з біотканиною.
9. Дослідження оптичних характеристик при лазерному опромінюванні біозразка
10. Оптична діагностика гуморальних середовищ
11. Дослідження уражень рогівки ока при проведенні флуоресцентного аналізу
12. Аналіз характеристик оптичних схем доставки лазерного випромінювання у біомедичних апаратах
13. Моделювання теплової взаємодії лазерного випромінювання і БТ
14. Аналіз характеристик волоконних схем лазерних випромінювачів для біомедицини.
15. Моделювання процесу утворення кратера у шкірі під дією лазерного випромінювання.
16. Аналіз і обробка поляризаційних зображень у медицині

Тематика індивідуальних завдань

№	Тема презентації/реферату
1.	Безконтактні, неруйнівні, локальні методи при оптико-фізичних дослідженнях. Література – основна [1, с.4-15; 7, с.5-10], додаткова [1, с.4-8; 3, с.2-9]
2.	Спектральні величини. Коефіцієнт корисної дії та світлова віддача випромінювача. Ефективність випромінювання. Література – основна [2, с.6-24; 4, с.17-26], додаткова [6, с.433-437]
3.	Світловипромінювальні лампи. Спектральна густина випромінювання. Література – основна [2, с.68-83; 6, с.30-32], додаткова [3, с.53-75]
4.	Газорозрядні джерела випромінювання. Література – основна [2, с.88-96, 5, с. 152-160], додаткова [3, с.53-75]
5.	Вимірювання фотометричних характеристик тіл. Захист від зовнішнього та розсіюваного світла. Література – основна [2, с.6-24], додаткова [6, с.433-437]
6.	Направлене та розсіюване відбиття пропускання. Коефіцієнт яскравості. Яскравість променя. Просторова освітлюваність. Література – основна [2, с.40-63], додаткова [5, с.155 – 170]
7.	Методи лазерного опромінення: лазеропунктура; сканування. Література – основна [4, с.26-62], додаткова [8,с.32-37; 9, с.35-41]
8.	Фізіологічні механізми дії акупунктури на організм; дія лазерного

	випромінювання на кров Література – основна [4, с.26-62], додаткова [8, с.32-37; 9, с.35-41]
9.	Молекулярний механізм дії лазерного випромінювання видимого діапазону; нелінійні оптичні властивості опромінених біотканин; лазерна літотріпсія Література – основна [3, с.42-72; 6, с.453-501], додаткова [19]
10.	Проходження та розсіювання випромінювання в оптичних середовищах Література – основна [3, с.42-72; 6, с.453-501], додаткова [19]
11.	Синтез математичної моделі поглинання випромінювання нестаціонарним потоком газу у інтегрувальному резонаторі. Література – основна [7, с.41-77], додаткова [3 с. 20-42; 4, с.45-55]
12.	Моделювання граничних умов дії закону Бугера в нестаціонарних дисперсних середовищах Література – основна [7, с.41-77], додаткова [3 с. 20-42; 4, с.45-55]
13.	Експериментальні (прямі) методи визначення оптичних параметрів неоднорідних середовищ. Література – основна [7, с.10-41], додаткова [3, с.80 – 120]
14.	Алгоритм і структура експерименту з неоднорідними та квазіоднорідними середовищами. Література – основна [7, с.10-41], додаткова [3, с.80 – 120]
15.	Методика вимірювального контролю компонент вектора-параметра Стокса поляризаційної матриці переносу Pij. . Література – основна [7, с.83-111], додаткова [3, с.95-120]
16.	Синтез експериментальної методики вимірювального контролю оптичних параметрів мутних середовищ за методом глибинного режиму Література – основна [7, с.83-111], додаткова [3, с.95-120]
17.	Синтез методики вимірювального контролю поверхні біотканини з допомогою виносного інтегрувального зонда за методом дифузного відбивання Література – основна [7, с.83-111], додаткова [3, с.95-120]
18.	Специфіка структури та аналіз метрологічних характеристик інтерактивної автоматизованої системи МАС-2 локації мутних середовищ. Література – основна [7, с115-137], додаткова [4, с.120-140]
19.	Специфіка структури, принцип дії та аналіз метрологічних характеристик інтерактивного інфрачервоного газоаналізатора. Література – основна [7, с115-137], додаткова [4, с.120-140]
20.	Специфіка структури і принцип дії інтерактивного засобу вимірювального контролю поверхні біотканин на основі виносного інтегрувального зонда Література – основна [7, с115-137], додаткова [4, с.120-140]

Технічні засоби навчання

Передбачається використання плакатів, проектора, а також демонстрація графічного матеріалу на ПК.

Для проведення практичних робіт застосовуються пакети розроблених програм для обробки фотоплетизмографічних сигналів WOSTEO-2, а також прикладні програмні пакети MathCad, MatLab.

Форми контролю

Поточний контроль здійснюється у формі фронтального, індивідуального чи комбінованого контролю знань здобувачів під час практичних занять, тестування, двох колоквіумів.

Підсумковий контроль знань проводиться шляхом складання здобувачами освіти диф. заліку за темами, що охоплюють весь курс дисципліни.

Оцінювання результатів навчання

Модуль	Колоквіум	Практичні заняття	Виконання інд. завдань, СР	Бали
Модуль І	20	20	10	50
Модуль ІІ	20	20	10	50
Семестр	40	40	20	100

Політика курсу

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов’язуються дотримуватись положень, визначених у документах: «Кодекс етики ВНТУ», «Положення про академічну доброчесність студентів та науково-педагогічних працівників ВНТУ», «Положення про рейтингову систему оцінювання досягнень студентів у ВНТУ». Учасники освітнього процесу погоджуються, що за порушення цих положень несуть особисту відповідальність.

Базові інформаційні ресурси

1. Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). Information Technology in Medical Diagnostics II. London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336 Pages, https://doi.org/10.1201/ 9780429057618.

2. 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.
3. 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.
4. Кожемяко В.Л. Оптоэлектронные логическо- временные вычислительные среды.- М.: Мецниереба, 1984.- 360 с.
5. Эпштейн М.И. Измерения оптического излучения в электронике. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 254 с.
6. Ишанин Г.Г., Панков Э.Д., Андреев А.Л., Польщиков Г.В. Источники и приемники излучения.- СПб.: Политехника, 1991. – 240 с.
7. Прикладная лазерная медицина : учеб. и справоч. пособ. / [под ред. Х. П. Берльена, Г. Й. Мюллера]. – М. : Интерэксперт, 1997. – 345 с.
8. 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.
9. 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.
10. Справочник по инфракрасной технике/Ред. У.Вольф, Г. Цицис. В 4-х тт. Т.1 Физика ИК-излучения: пер. с англ. – М.: Мир, 1995 . – 606 с.
11. Оптическая биомедицинская диагностика : [в 6 т.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – [Пер. с англ. под. ред. В. В. Тучина].
12. Пушкарева А. Е. Методы математического моделирования в оптике биоткани : учебн. пособ. / Пушкарева А. Е. – СПб : СПбГУ ИТМО, 2008. – 103 с.
13. Петрук В.Г. Спектрофотометрія світлорозсіювальних середовищ. Теорія і практика оптичного вимірювального контролю. – Вінниця.: Універсум-Вінниця. – 2000. – 207 с.
14. Готра З.Ю., Ильницкий Л.Я., Полищук Е.С. Датчики. – Львов. – Каменяр. – 1995. – 312 с.
15. Лазерная и когерентная спектроскопия / Ред. Дж. Стейнфелда: пер. с англ. – М.: Мир. – 1982. – 630 с.
16. Сверхчувствительная лазерная спектроскопия / Ред. Д. Клайджера: пер. с англ. – М.: Мир. – 1986. – 520 с.
17. Тужанський С.Є. Системи лазерної відеополяриметрії для автоматизованого контролю параметрів неоднорідних біотканин : монографія / С. Є. Тужанський, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 159 с.
18. Олейник В. П. Аппаратные методы исследований в биологии и медицине : учебн. пособ. / В. П. Олейник, С. Н. Кулиш. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2004. – 110 с.

19. Бердников А. В. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы : учебн. пособ. / Бердников А. В., Семко М. В., Широкова Ю. А. – Казань : изд-во Казан. гос. техн. унив.
20. Ч. 1 : Технические методы и аппараты для экспресс-диагностики. – 2004. – 176 с.

Форми підсумкового контролю — диференційний залік.