



БІОФОТОНІКА ТА НАНОЕЛЕКТРОНІКА

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G22 Біомедична інженерія</i>
Освітня програма	<i>Регенеративна та біофармацевтична інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ЄКТС / 150 годин: (Лекц. 16 год, Практик. 30 год, СРС. 104 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР, Реферат</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i><u>Лектор: доцент, к.т.н. Богомолов Микола Федорович, тлф. 068-362-08-20; mfbogomolov@gmail.com; m.bogomolov@kpi.ua</u> <u>Практичні: доцент, к.т.н. Богомолов Микола Федорович, mfbogomolov@gmail.com; m.bogomolov@kpi.ua</u></i>
Розміщення курсу	<i>Платформа «Сікорський» - курс «Біофотоніка та наноелектроніка» https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6321</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «**Біофотоніка та наноелектроніка**» призначена для вивчення магістрами біомедичної інженерії. Дисципліна охоплює методи та засоби біофотоніки та наноелектроніки, які використовуються для діагностики захворювань, моніторингу фізичного стану людини при проведенні біомедичних наукових досліджень використовують величезну кількість електронних сенсорів.

Навчальна дисципліна є вибірковою і забезпечує можливість формування індивідуальної освітньої траєкторії, а також через індивідуальний вибір навчальних дисциплін в обсязі, передбаченому законодавством України про вищу освіту.

Метою вивчення навчальної дисципліни «**Біофотоніка та наноелектроніка**» є:

- вивчення механізмів перетворення певних фізичних, хімічних та біомедичних величин (температури, тиску, концентрації, переміщення, швидкості, прискорення, рН, тощо) в електричний сигнал, які використовуються у сучасних біосенсорах;
- самостійне розроблення на основі вивчених фізичних та інших ефектів нових видів біомедичних сенсорів та приладів і обладнання з їх використанням.

Після засвоєння навчальної дисципліни «**Біофотоніка та наноелектроніка**» студенти мають продемонструвати такі **результати навчання**:

знання: принципів функціонування біофотоніки та наноелектронічних приладів, теорії отримання біосигналів, фізичних явищ (ефектів), які лежать в основі роботи сучасних

наносенсорів температури, тиску, газу, вологості, фізіологічних рідин, переміщення, швидкості, прискорення, магнітних полів та радіоактивності та ін.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Освітній компонент **«Біофотоніка та наноелектроніка»** належить до циклу професійної підготовки за вибором студента та має міждисциплінарний характер. Він інтегрує відповідно до свого предмету знання з інших освітніх компонентів (програми підготовки бакалавра): фізіологія, біохімія, біофізика, механіка, матеріалознавство, електроніка, лабораторна, лікувальна і діагностична медична техніка, отримання і обробка сигналів і зображень. За структурно-логічною схемою програми підготовки магістра з біомедичної інженерії тісно пов'язана з іншими дисциплінами, сучасними науковими дослідженнями із спеціальності і технологіями в охороні здоров'я.

Необхідні навички

1. Знання іноземної мови.
2. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу
4. Інформації з різних джерел.
5. Здатність працювати в команді.
6. Здатність працювати в міжнародному контексті.
7. Здатність аналізувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми та здійснювати їх формалізацію для знаходження кількісних рішень із застосуванням сучасних математичних методів та інформаційних технологій.
8. Здатність досліджувати біологічні та технічні аспекти функціонування та взаємодії штучних біологічних і біотехнічних систем.

3. Зміст навчальної дисципліни «Біофотоніка та наноелектроніка»

Перелік розділів та тем:

Розділ 1. Основи біофотоніки.

Тема 1.1 Особливості електронних процесів в молекулярних системах.

Тема 1.2 Фотохімічні процеси в біологічних об'єктах.

Тема 1.3 Особливості спектральних характеристик біооб'єктів.

Тема 1.4 Прикладні аспекти біофотоніки.

Тема 1.5 Фотодинамічна терапія.

Розділ 2. Особливості конструювання біомедичних сенсорів.

Тема 2.1 Біофізичні сигнали та індивідуальна особливість об'єктів вимірювання.

Тема 2.2 Моделі та конструкції біомедичних електродів. Области застосування біомедичних сенсорів.

Розділ 3. Оптиелектронні та волоконно-оптичні сенсори.

Тема 3.1 Класифікація волоконно-оптичних сенсорів.

Тема 3.2 Сучасні оптиелектронні сенсори.

Розділ 4. Сенсори температури.

Тема 4.1 Термометри опору.

Тема 4.2 Термопарні сенсори.

Тема 4.3 Сенсори температури на фотоефекті.

Тема 4.4 Діелектричні сенсори температури.

Тема 4.5 Сенсори температури на напівпровідникових структурах.

Розділ 5. Механічні та акустичні сенсори.

Тема 5.1 Акустичні дослідження у медицині.

Тема 5.2 Реєстрація статичних та динамічних механічних напружень.

Тема 5.3 Тензорезистивні перетворювачі, використання кремнію для вимірювання деформації. П'єзоелектричні ОАХ та ПАХ сенсори.

Тема 5.4 Акселерометри. Сенсори потоку. Сенсори лінійної та кутової швидкості.

Тема 5.5 Датчики тиску та їх використання у біомедицині. МЕМС технології та сенсори.

Розділ 6. Сенсори магнітного поля.

Тема 5.1 Взаємодія магнітного поля із твердим тілом. Ефект Холла. Магніторезистори.

Тема 5.2 Взаємодія магнітного поля з біооб'єктами.

Тема 5.3 Вплив магнітних полів на параметри напівпровідникових приладів.

Розділ 7. Сенсори жорсткого випромінювання.

Тема 7.1 Детектори на основі іонізації газів.

Тема 7.2 Напівпровідникові детектори.

Тема 7.3 Сцинтиляційні детектори.

Розділ 8. Газові сенсори.

Тема 8.1 Сорбційні сенсори QCM сенсори. Сенсори вологості.

Тема 8.2 Калориметричні та каталітичні методи визначення газового складу.

Тема 8.3 Оптичні та ультразвукові методи визначення складу газу.

Тема 8.4 Іонно-селективні польові транзистори та МДН-варіапи.

Розділ 9. Сенсори фізіологічних рідин.

Тема 9.1 Електрохімічні методи дослідження рідин.

Тема 9.2 Амперометричні, потенціометричні та кондуктометричні сенсори.

Тема 9.3 Сенсори глюкози, поту, слюзової рідини та сечовини. Біохімічні та імунні сенсори.

Розділ 10. Біосенсори і біочіпи у нанoeлектроніці.

Тема 10.1 Складені сенсори. Структура біосенсорів. Біомедичні наносенсори.

Тема 10.2 Сенсори на основі ДНК.

Тема 10.3 Принципи побудови біочіпів. Електронні інтерфейси з біомедичними об'єктами.

Тема 10.4 Фотосенсибілізатори. Фотофізичні аспекти та перспективи сенсорів у нанoeлектроніці.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові ресурси

1. Богомолов М. Ф. Методи та засоби діагностики. Основи лазерних лабораторних методів біомедичних досліджень [Електронний ресурс] : навчальний посібник навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Медична інженерія» спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. М. Ф. Богомолов, В. В. Шликов, В. Б. Максименко. – Електронні текстові дані (1 файл 3,67 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 150 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/40127>.

2. Богомолов М. Ф. Методи та засоби діагностики. Сучасні оптоелектронні діагностичні прилади: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Медична інженерія» спеціальності 163 «Біомедична інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. М. Ф. Богомолов, В. Б. Максименко, В. В. Шликов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл 4,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 125 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/40128>.

3. Богомолов М. Ф. ЛІКУВАЛЬНА МЕДИЧНА ТЕХНІКА: конспект лекцій до вивчення дисципліни «Лікувальна медична техніка» [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів-бакалаврів спеціальності 163 - «Біомедична інженерія», спеціалізації «Медична інженерія»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. М.Ф. Богомолов, В.Б. Максименко – Київ: КПІ ім.Ігоря Сікорського», 2021– 78 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45124>.

4. Bogomolov M.F. Biomedical devices, apparatus and complexes: lecture notes for the study of the discipline "Medical Engineering": a textbook for bachelor's degree in specialty 163 - "Biomedical Engineering", specialization "Medical Engineering" / KPI. Igor Sikorsky; structure. M.F. Bogomolov, V.V. Shlykov, M.M. Sychyk – Kyiv: KPI Igor Sikorsky, 2023. – 93 p. Дата затвердження: 2023-06-02 Номер протоколу: 8 Примірник надано до бібліотеки у: - електронній формі: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57372>
5. Bogomolov M.F. Development and operation of physiotherapeutic medical devices: lecture notes for the study of the discipline " Development and operation of physiotherapeutic medical devices " [Electronic resource]: a textbook for bachelor's degree in specialty 163 - "Biomedical Engineering", specialization "Medical Engineering" / KPI. Igor Sikorsky; structure. M.F. Bogomolov, V.V. Shlykov, M.M. Sychyk – Kyiv: KPI Igor Sikorsky, 2023. – 60 p. Дата затвердження: 2023-06-02 Номер протоколу: 8 Примірник надано до бібліотеки у: - електронній формі: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57376>
6. Therapeutic medical equipment: lecture notes for the study of the discipline "Medical Engineering " [Electronic resource]: a textbook for bachelor's degree in specialty 163 - "Biomedical Engineering", specialization "Medical Engineering" / KPI. Igor Sikorsky; structure. MF Bogomolov, VV Shlykov, MM Sychyk – Kyiv: KPI Igor Sikorsky, 2023. – 91 с. Дата затвердження: **2023-06-02** **Номер протоколу: 8 Примірник надано до бібліотеки у електронній формі:** <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57377>

Допоміжні ресурси

7. Вступ до біофотоніки: Навчальний посібник для студентів фізичних факультетів вузів. – Київ: Четверта хвиля, 2020. – 178 с.
8. Електронні методи і засоби біомедичних вимірювань. Навчальний посібник Рекомендовано Вченою радою НТУУ «КПІ» (протокол № 6 від 16.05.2016 р) /С.К. Мещанінов, В. М. Співак, А. Т. Орлов. – К.: Кафедра, 2016. – 211 с. (ISBN 978-617-7301-18-8)
9. Мікроелектронні сенсори фізичних величин: В 3-ох т. / В. Вуйцік, З. Готра, О. Готра та інш.; Львів: Ліра-Прес, 2003. – 595 с.
10. Дзядевич С.В., Солдаткін О.П. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів.- Київ: Наукова думка. 2006.-255с.
11. Дзядевич С. В. Амперометричні ферментні біосенсори / С. В. Дзядевич // Biotechnologia Acta . - 2008. - Т. 1, № 1. - С. 46-60. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/biot_2008_1_1_7.pdf
12. Naresh V., Lee N. A Review on Biosensors and Recent Development of Nanostructured Materials-Enabled Biosensors. Sensors. 2021. Т. 21, № 4. С. 1109. URL: <https://doi.org/10.3390/s21041109> (дата звернення: 12.03.2025).
13. Sensinger J. W., Dosen S. A Review of Sensory Feedback in Upper-Limb Prostheses From the Perspective of Human Motor Control. Frontiers in Neuroscience. 2020. Т. 14. URL: <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.00345> (дата звернення: 15.03.2025).
14. A Review of Biosensors and Their Applications. ASME Open Journal of Engineering. 2023. Т. 2. URL: <https://doi.org/10.1115/1.4063500> (дата звернення: 17.03.2025).
15. VIBES: Vibro-Inertial Bionic Enhancement System in a Prosthetic Socket / A. S. Ivani та ін. 2023 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), м. Singapore, Singapore, 24–28 верес. 2023 р. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/icorr58425.2023.10304768> (дата звернення: 01.04.2025).
16. Electromyography biofeedback system with visual and vibratory feedbacks designed for lower limb rehabilitation / J. V. d. S. Moreira та ін. Journal of Enabling Technologies. 2023. URL: <https://doi.org/10.1108/jet-05-2022-0039> (дата звернення: 05.05.2025).
17. Sensory feedback restoration in leg amputees improves walking speed, metabolic cost and phantom pain / F. M. Petrini та ін. Nature Medicine. 2021. Т. 25, № 9. С. 1356–1363. URL: <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0567-3> (дата звернення: 05.05.2025).

18. Biomimetic Intraneural Sensory Feedback Enhances Sensation Naturalness, Tactile Sensitivity, and Manual Dexterity in a Bidirectional Prosthesis / G. Valle та ін. Neuron. 2022. Т. 100, № 1. С. 37–45.e7. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.08.033> (дата звернення: 05.05.2025).

19. „Фізичні основи сенсорики” для підготовки бакалаврів за напрямком 6.050801 «Мікро- та наноелектроніка» - Електронне видання, гриф” Рекомендовано Вченою радою ФЕЛ”, Витяг з протоколу №09/13 від 30.09.2013, Укл. Коваль В.М. – Київ, 2013. – 35 с.

Інформаційні ресурси

1. Платформа дистанційного навчання "Сікорський". – Режим доступу:

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=2283>

2. Форум з комп'ютерної обробки зображень. – Режим доступу:

<https://forums.ni.com/t5/Machine-Vision/bd-p/200>.

3. Клуб користувачів LabVIEW. – Режим доступу: <http://www.labviewportal.org>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента) «Біофотоніка та наноелектроніка»

№ з/п	Тема	Програмні результати навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконання
Розділ 1. Основи біофотоніки				
1	Вступ. Особливості електронних процесів в молекулярних системах. Фотохімічні процеси в біологічних об'єктах. Особливості спектральних характеристик біооб'єктів. Прикладні аспекти біофотоніки. Фотодинамічна терапія.	ІК, ПРН 01, 02, 07, 09, 18	Практична робота 1	1й тиждень
2	Схеми формування сигналів пасивних сенсорів. Схеми включення активних сенсорів.	ІК, ПРН 0 2,0 4, 08, 13	Практична робота 2	2 тиждень
Розділ 2. Особливості конструювання біомедичних сенсорів				
3	Біофізичні сигнали. Активність об'єкту вимірювання та індивідуальна особливість. Моделі та конструкції біомедичних електродів. Області застосування біомедичних сенсорів.	ІК, ПРН 04, 07, 08, 13, 18	Практична робота 3	3 тиждень
Розділ 3. Оптиелектронні та волоконно-оптичні сенсори				

4	Класифікація волоконно-оптичних сенсорів. Сучасні оптоелектронні сенсори. Особливості пульсоксиметрії.	ІК, ПРН07, 09, 13, 18	Практична робота 4	4 тиждень
Розділ 4. Сенсори температури				
5	Термометри опору. Термопарні сенсори. Сенсори температури на фотоефекті. Діелектричні сенсори температури. Сенсори температури на напівпровідникових структурах.	ІК, ПРН 01, 02, 08, 13, 18	Практична робота 5	5 тиждень
Розділ 5. Механічні та акустичні сенсори				
6	Акустичні дослідження у медицині. П'єзоелектричні ОАХ та ПАХ сенсори.	ІК, ПРН 02, 07, 09, 13, 18	Практична робота 6	6 тиждень
7	Реєстрація статичних та динамічних механічних напружень. Тензорезистивні перетворювачі, використання кремнію для вимірювання деформації.	ІК, ПРН 01, 07, 09, 13, 18	Практична робота 7	7 тиждень
8	Акселерометри. Сенсори потоку. Сенсори лінійної та кутової швидкості. Датчики тиску та їх використання у біомедицині. МЕМС технології та сенсори.	ІК, ПРН 02, 04, 08, 113	Практична робота 8	8 тиждень
Розділ 6. Сенсори магнітного поля				
9	Взаємодія магнітного поля із твердим тілом. Вплив магнітних полів на параметри напівпровідникових приладів. Ефект Холла. Магніторезистори. Взаємодія магнітного поля з біоб'єктами.	ІК, ПРН 02, 07, 09, 13	Практична робота 9	9 тиждень
Розділ 7. Сенсори жорсткого випромінювання				

10	Детектори на основі іонізації газів. Напівпровідникові детектори. Сцинтиляційні детектори.	ІК, ПРН 01, 07, 08, 13, 18	Практична робота 10	10 тиждень
Розділ 8. Газові сенсори				
11	Сорбційні сенсори. QCM сенсори. Сенсори вологості. Калориметричні та каталітичні методи визначення газового складу. Оптичні та ультразвукові методи визначення складу газів. Іонно-селективні польові транзистори та МДН-варіації.	ІК, ПРН 01,07, 09, 13	Практична робота 11	11 тиждень
Розділ 9. Сенсори фізіологічних рідин				
12	Електрохімічні методи дослідження рідин. Амперометричні, потенціометричні та кондуктометричні сенсори. Сенсори глюкози, поту, слюзової рідини та сечовини. Біохімічні та імунні сенсори. Сенсори на основі ДНК.	ІК, ПРН 02, 04, 08, 09	Практична робота 12	12 тиждень
Розділ 10. Біосенсори і біочіпи у нанoeлектроніці				
13	Складені сенсори. Структура біосенсорів. Біомедичні наносенсори. Принципи побудови біочіпів. Електронні інтерфейси з біомедичними об'єктами.	ІК, ПРН 02, 07, 09, 18	Практична робота 13	13 тиждень
14.	Модульна контрольна робота	ІК, ПРН 02, 04, 08, 09	Написання МКР	14-й тиждень
15.	Реферат	ІК, ПРН 01, 07, 09, 13, 18	Виконання та оцінювання	15-й тиждень

Інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) «Біофотоніка та нанoeлектроніка» :

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Всього	у тому числі				
		Лекції	Практичні (семінарські)	Комп'ютерні практикуми	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Біофотоніка. Структура. Особливості взаємодії випромінювання лазерних пристроїв з біоречовиною.						
Тема 1.1. Особливості лазерних методів біомедичних досліджень.	10	4				6
Тема 1.2. Особливості фотохімічних реакцій та хемілюмінісценція . Положення дисципліни в системі підготовки.	9	2	2			5
Тема 1.3. . Фотодинамічний ефект ендogenousного сенсibilізатора. Взаємодія лазерного випромінювання з біооб'єктами.	10	2	2			6
Тема 1.4.Лазерні і оптичні методи в лабораторній діагностиці.	13	6	4			3
Разом за розділом 1	42	14	8			20
Розділ 2. Теоретичні основи оптоелектронних джерел випромінювання, волоконно-оптичних трактів, пристроїв і систем.						
Тема 2.1 Основні характеристики лазерних і оптоелектронних джерел випромінювання. Схеми вимірювання основних характеристик лазерних і оптоелектронних джерел випромінювання.	12	2	4			6
Тема 2.2. Основні оптичні схеми вимірювання характеристик волоконно-оптичних передавальних трактів біомедичної телеінформації.	11	1	4			6
Тема 2.3. Оптоелектронна схема медичного інтерферометричного лазерного аналізатора біооб'єктів.	4,5	1	2			1,5
Тема 2.4. Сучасні оптико-електронні діагностичні медичні вимірювальні пристрої, інтерферометри, спектрофотометри та волоконно-оптичні давачі.	18	2	2			14
Тема 2.5. Оптоелектронна схема медичного інтерферометричного аналізатора біооб'єктів.	8,5	2	2			4,5
Тема 2.6. Абсорбційні лазерні методи дослідження біооб'єктів.	6	2	2			2
Тема 2.7 Нефелометричні оптоелектронні	12	2	2			9

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Всього	у тому числі				
		Лекції	Практичні (семінарські)	Комп'ютерні практикуми	Лабораторні	СРС
аналізатори біооб'єктів. Багатопараметрична лазерна та оптоелектронна цитометрія.						
Разом за розділом 2	73	12	18			43
Модульна контрольна робота	6		2			4
Всього годин	150	16	30	–		104

Рекомендації щодо засвоєння навчальних занять (у формі деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи):

Лекційні заняття

Перелік дидактичних засобів на лекції: Конспект лекцій, проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)	Кільк. годин
1	Біофотоніка. Структура. Особливості взаємодії випромінювання оптоелектронних пристроїв з біоречовиною. Особливості оптоелектронних методів біомедичних досліджень. Основні переваги застосування оптоелектронних методів і приладів для діагностування захворювань людини.. Основна мета застосування систем діагностичних оптоелектронних пристроїв та біомедичної апаратури. Технічні засоби, параметри і характеристики систем автоматичного проектування біомедичної апаратури. Основні принципи створення систем автоматичного проектування біомедичної апаратури. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[3,С.34-78;5,С.26-52;7,С.47-59].	4
2	Особливості фотохімічних реакцій та хемілюмінісценція . Положення дисципліни в системі підготовки. Фотодинамічний ефект ендogenous сенсibilізатора. Принцип фото динамічного впливу та стимуляції формених елементів крові людини. Принципи комплектності, розвитку, сумісності, стандартизації та інвентаризації, включення і накопичення досвіду. Математичне формулювання задачі проектування біомедичної апаратури, вибір чисельних методів рішення, розробку алгоритму проектування, математичних моделей і методів. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним	3

	розділам, опрацювання літературних джерел[2, С.19-25; 3, С. 41-53; 4,С. 10-17.].	
3	Основні характеристики оптоелектронних джерел випромінювання. Схеми вимірювання основних характеристик лазерних джерел випромінювання. Будова і принцип дії гелій-неонових, аргонових та молекулярних лазерів. Електричні та оптичні характеристики напівпровідникових лазерних діодів. Фізичні основи формування інверсійного стану активної речовини для газового середовища і напівпровідникового кристалу. Структурні схеми сучасних атомарних, іонних та молекулярних лазерів. Енергетичні діаграми активного газового середовища і напівпровідників. Енергетична схема виродженого напівпровідника. Галузі застосування, оптичні схеми квантових приладів у сучасних оптично-електронних вимірювальних системах. Математичні рівняння опису інверсійного стану активної речовини, модель і розрахунок оптичних схем сучасних оптоелектронних пристроїв. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[4,С.34-58;7,С.26-47;9,С.38-51.].	3
4	Основні оптичні схеми вимірювання характеристик волоконно-оптичних передавальних трактів біомедичної телеінформації. Основні характеристики волоконних світловодів. Способи вимірювання числової апертури світловодів. Дисперсія світловодів, основні типи та схеми вимірювання. Механізми загасання випромінювання у світловодах, методи і сучасні прилади вимірювання втрат у оптичних трактах.. Розбірні і нерозбірні з'єднувачі волоконних світловодів. Методи контролю та вимірювання параметрів поширення випромінювання в оптичних кабелях при проектуванні сучасних телекомунікаційних систем. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[4, С. 28-43; 6, С.37-51; 9, С.48-62.].	1
5	Оптоелектронна схема медичного інтерферометричного лазерного аналізатора біоб'єктів. Розрахунок технічних характеристик джерела випромінювання волоконно-оптичних медичних систем. Мінімально допустима потужність випромінювання на вході фотоприймача. Швидкість передавання корисної інформації. Втрати потужності випромінювання через упакування волоконних світловодів. Розрахунок основних втрат потужності випромінювання у волоконно-оптичних трактах. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[2, С.25-38; 7, С.46-53; 9, С.67-81.].	1
6	Сучасні оптико-електронні діагностичні медичні вимірювальні пристрої, інтерферометри, спектрофотометри та волоконно-оптичні	1

	давачі. Особливості об'єктно-орієнтованих методів проектування біомедичної апаратури. Волоконно-оптичні перетворювачі з фазовою модуляцією. Основні сучасні оптичні схеми інтерферометрів Маха-Цендера і Майкельсона. Лазерні волоконно-оптичні доплерівські вимірювачі швидкості диференційного і гетеродинного типів. Волоконно-оптичні гіроскопи. Волоконно-оптичні перетворювачі для вимірювання магнітних та електричних полів, температури, вібраційних навантажень, мікропереміщень об'єктів, мікрострумів біологічних сигналів. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[2, С.15-28;8,С.25-47;10,С.44-57.].	
7	Оптоелектронна схема медичного інтерферометричного аналізатора біооб'єктів Особливості конструктивної ієрархії біомедичної апаратури, конструкції другого рівня складності, блочні каркаси. Планарні оптичні хвильоводи. Методи узгодження оптичних інтегральних схем з волоконними світловодами та джерелами випромінювання. Активні пристрої інтегральної оптики. Електрооптичні модулятори і дефлектори. Напівпровідникові фотодетектори. Оптоелектронні інтегральні схеми. Інтегрально-оптичні пристрої для систем передавання і оброблення інформації. Інтегрально-оптичні генератори, помножувачі, перемикачі, змішувачі, корелятори сигналів. Вплив зовнішніх дестабілізуючих механічних і кліматичних чинників. Характеристик систем віброудароміцності і температурної стабілізації роботи біомедичної апаратури. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[4,С.23-34;6,С.33-49;8,С.87-101].	1
8	Абсорбційні лазерні методи дослідження біооб'єктів. Волоконно-оптичні вимірювачі індикатриси розсіяного випромінювання при взаємодії лазерного проміння з біологічними об'єктами. Основні оптичні схеми волоконно-оптичних вимірювачів з використанням сучасних волоконно-оптичних одномодових трактів зі збереженням поляризації лазерного випромінювання. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[10,С.63-84;11,С.53-69;12,С.67-19.].	1
9	Нефелометричні оптоелектронні аналізатори біооб'єктів. Багатопараметрична лазерна та оптоелектронна цитометрія. Волоконно-оптичні перетворювачі для вимірювання комбінаційного лазерного випромінювання. Основні характеристики волоконно-оптичних модулів і систем для сучасних вимірювачів в медичних діагностичних системах. Особливості проектування конструкцій приладів біомедичного призначення і підготовка необхідної технологічної документації для впровадження у виробництво за допомогою системи проектування Solid	1

	Works Simulation. Перелік дидактичних засобів: Конспект лекцій; проекційне мультимедійне обладнання; презентація Power Point. Завдання на СРС: 1. Повторити матеріал лекції, підготуватись до практичного заняття по даним розділам, опрацювання літературних джерел[10,С.73-94;11,С.63-89;12,С.97-105.].	
Всього		16

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять: закріплення на практиці основних положень навчальної дисципліни **«Біофотоніка та наноелектроніка»** шляхом виконання спеціально сформульованих завдань і реальних схемотехнічних варіантів конструювання друкованих модулів і вузлів біомедичної апаратури, яка реально проектується у магістерських роботах студентів. Практичне заняття включає проведення контролю знань, вмінь та навичок, розв'язання реальних задач проектування біомедичної апаратури з їх обговоренням, вирішення контрольних завдань, їх перевірка та оцінювання.

Оцінки, одержані студентом за окремі практичні заняття вносяться до журналу занять навчальної групи та враховуються при визначенні підсумкової оцінки (рейтингу) з даної навчальної дисципліни.

№ з/п	Назва теми заняття	Кільк. годин
1	Взаємодія лазерного випромінювання з середніми та великими частинками крові.	4
2	Особливості розсіяння лазерного випромінювання від формених елементів крові.	4
3	Комп'ютерне моделювання процесів взаємодії лазерного випромінювання з форменими елементами крові.	4
4	Комп'ютерні методи обробки спекл-структури лазерного випромінювання, розсіяного мікробіооб'єктами.	2
5	Визначення параметрів рідинного середовища крові за допомогою індикатриси розсіяння лазерного випромінювання.	4
6	Енергетичні та фазові характеристики лазерного випромінювання, розсіяного сферичними мікробіочастинками.	4
7	Просторова та часова когерентність лазерних джерел випромінювання. Схеми експериментальних досліджень.	4
8	Особливості інтерференції та дифракції лазерного випромінювання. Сучасні методи та пристрої обробки біомедичної діагностичної інформації.	2
9	МКР	2
Всього		30

Платформа дистанційного навчання:

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни **«Біофотоніка та наноелектроніка»** і засвоєння матеріалу використовується електронна пошта, телеграм-канал, платформа дистанційного навчання **"Сікорський"** на основі системи **Moodle КПІ-Телеком** та сервіс для проведення онлайн-нарад **Zoom**, за допомогою яких:

- підвищується оперативність спілкування зі студентами, забезпечується зручний зворотній зв'язок;
- спрощується розміщення, доступ та обмін навчальним матеріалом;
- оцінюються навчальні завдання студентів;

- аналізується активність студентів.

Платформа «Сікорський» - курс «**Біофотоніка та наноелектроніка**»

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6321>

6. Самостійна робота студента з дисципліни «Біофотоніка та наноелектроніка»

Заплановано наступні види самостійної роботи: підготовка до аудиторних занять, вирішення завдань практичних робіт та оформлення звітів, підготовка до модульної контрольної роботи, підготовка до реферату та екзамену.

Модульна контрольна робота (МКР) є поточним контрольним заходом, яка охоплює практичні навички застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації з біофотоніки та наноелектроніки, дослідження дотичних до біомедичної сенсорики міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми. Виконується та здається індивідуально за різними розділами навчальної дисципліни.

Реферат є поточним контрольним заходом, який охоплює аналітичні і практичні навички у використанні останніх розробок у галузі біофотоніки та наноелектроніки, застосування схем включення активних і пасивних біосенсорів та їх розрахунків та моделювання роботи біосенсора у сучасних діагностичних комплексах.

Реферат виконується згідно з вимогами, у термін, зазначений викладачем.

Реферат — це науково-технічний документ, який містить вичерпну систематизовану інформацію за вибраною темою, передбачає виклад матеріалу на основі спеціально підібраної літератури та самостійно проведеного дослідження.

Студент може писати реферат тільки на погоджену з викладачем тему. Темі рефератів викладач пропонує на заняттях.

Загальні вимоги до реферату:

чіткість та логічна послідовність викладення матеріалу;

переконливість аргументації;

стислість і точність формулювань, які виключають можливість неоднозначного тлумачення;

конкретність викладення результатів дослідження;

обґрунтованість рекомендацій та пропозицій.

У рефераті повинні бути відображеними:

актуальність тематики та відповідність до сучасного стану науки, техніки і питань виробництва;

обґрунтування вибраного напрямлення досліджень, методів розв'язку задачі та їх порівняльні оцінки;

аналіз та узагальнення існуючих результатів;

розробка загальної методики проведення досліджень;

характер і зміст виконаних теоретичних досліджень та розрахунків, методи досліджень;

обґрунтування необхідності проведення експериментальних досліджень, принцип дії розроблених програм, характеристики цих програм, оцінка похибок розрахунків, отримані експериментальні дані;

оцінка повноти розв'язку поставленої задачі;

оцінка достовірності отриманих результатів, їх порівняння з аналогічними результатами;

наукова та практична цінність виконаної роботи.

Структура реферату: титульний аркуш; зміст; перелік умовних позначень, символів, одиниць скорочень і термінів (за необхідності); вступ; суть реферату (основна частина); висновки; список використаних джерел (перелік посилань); додатки (за необхідності).

Титульний аркуш реферату повинен мати такий зміст: назва університету; назва

факультету; назва кафедри; назва спеціальності, назва освітньо-професійної програми, назва навчальної дисципліни; тема реферату; прізвище та ім'я студента, курс, номер академічної групи, рік.

За титульним аркушем слідує детальний план (зміст) реферату, в якому треба виділити вступ, розділи основного змісту (основні теми, що будуть розглядатися), їх підрозділи (за потребою), висновок, список використаних джерел. У змісті праворуч позначаються номери сторінок початку кожного питання. Кожен розділ починається з нової сторінки.

Загальний обсяг реферату в залежності від обраної теми може варіюватися від **25 до 40** сторінок основного тексту (за узгодженням з викладачем). Обсяг реферату визначається вмінням студента стисло і водночас вичерпно пояснити та проаналізувати отриману інформацію в заданій викладачем медичній інформаційній системі.

Обов'язкова вимога: чітке посилання на джерела інформації. Всі цифри, факти, думки вчених, цитати, формули повинні мати посилання у вигляді [2, с. 54] (перша цифра означає номер джерела у наведеному в кінці творчої роботи списку літератури, а друга цифра – номер сторінки у цьому джерелі). Бажано використовувати таблиці, схеми, графіки, діаграми тощо. Список використаних джерел (не менше 10 джерел) оформляється згідно з діючими правилами. Якщо інформація взята з мережі Інтернет, потрібно, як і для звичайної літератури, вказати автора, назву статті, а потім навести адресу сайту в Інтернет.

Реферат оцінюється за критеріями: логічності плану; повноти й глибини розкриття теми; достовірності отриманих даних; відображення практичних матеріалів; правильності формулювання заключень отриманих результатів та висновків; оформлення; обґрунтування власної думки студента з цього питання у вигляді висновку.

Граничний термін подання реферату на перевірку: 15-16-й тиждень навчання.

Реферат не перевіряється на плагіат, але повинна відповідати вимогам академічної доброчесності. У разі виявлення академічної не доброчесності, робота анулюється і не перевіряється.

Контрольні завдання для модульної контрольної роботи, реферату додаються до робочої навчальної програми (Додатки 3,4).

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента) «Біофотоніка та наноелектроніка»

Здобувачам можуть нараховуватися заохочувальні бали. Сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

Заохочувальні бали (не більше 10 балів за усі види робіт):

- за науково-дослідницьку діяльність (участь у конференціях, конкурсах студентських робіт, публікації);
- участь у факультетських олімпіадах з навчальної дисципліни та всеукраїнських олімпіадах.

Відвідування занять

Бали за присутність або за відсутність на лекційних та практичних заняттях не виставляються. Однак, здобувачам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються практичні навички, необхідні для ґрунтовного формування відповідних компетентностей.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи оцінювання

Контрольні заходи оцінювання, виконання яких передбачено на занятті, проводяться у завчасно визначений день, який оголошується здобувачам на першому тижні освітнього процесу. Виконання таких контрольних заходів оцінювання в інший день дозволяється за вагомих та / або форс-мажорних обставин, які повинні мати документальне підтвердження.

У разі відсутності здобувача на лекційному занятті, яке передбачає написання коротких тестових завдань, виконання цих завдань в інший час передбачено лише з поважних причин (форс-мажорні обставини).

Повторне написання модульної контрольної роботи не передбачене.

Забезпечення об'єктивності оцінювання здобувачів

Об'єктивність оцінювання здобувачів на всіх етапах оволодіння дисципліною забезпечується через наступні механізми. По-перше, використання тестових форм оцінювання знань. По-друге, детальні рекомендації щодо рейтингової системи оцінювання результатів навчання (розділ 8 силабусу). По-третє, використання здобувачами та викладачами всіх можливих інструментів комунікацій, що забезпечують збереження історії комунікацій (електронна пошта, соціальні мережі, месенджери тощо). По-четверте, для перевіряння письмових видів робіт здобувачів у разі їх незгоди із результатами оцінювання може залучатися інший викладач, який має відповідну професійну компетенцію та призначений кафедрою на поточний навчальний рік. У разі відсутності узгодженої думки викладачів щодо оцінки роботи здобувача питання виноситься на засідання кафедри, а врегулювання питання здійснюється згідно з «Положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://osvita.kpi.ua/node/182>.

Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання

Після отримання коментарів від викладача з аргументацією щодо оцінки, здобувач має право в індивідуальному порядку задати всі питання, які цікавлять стосовно результатів контрольних заходів оцінювання. Якщо здобувач не погоджується з оцінкою, він має також навести аргументи щодо своєї позиції та звернутися до декана факультету для подальшого вирішення питання (детально – див. «Положення про апеляції в КПІ ім. Ігоря Сікорського» <http://osvita.kpi.ua/node/182>).

Академічна доброчесність

У разі використання контенту, захищеного авторським правом, результатів аналітичних досліджень та/або іншої інформації, здобувачі мають обов'язково вказувати джерело.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>). У разі виникнення потреби у перевірці академічних текстів, підготовлених здобувачами, на наявність текстових запозичень здобувач може звернутися безпосередньо до викладача або відповідальної особи кафедри з питань перевірки академічних текстів.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки здобувачів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>).

Дистанційне навчання

Проходження он-лайн курсів передбачено у випадку форс-мажорних обставин (зокрема, карантинних заходів) та для інклюзивного навчання здобувачів із особливими потребами.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна розрахована на вивчення для здобувачів із особливими освітніми потребами, але слід враховувати велике навантаження на зоровий апарат. В залежності від особливих потреб здобувачів можливе використання дистанційного навчання.

Політика використання штучного інтелекту.

Використання штучного інтелекту регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/1225>). Усі навчальні завдання з дисципліни мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача. Використання штучного інтелекту для автоматичної генерації відповідей без подальшого їх аналізу та доопрацювання заборонено. Здобувачам не рекомендується покладатися на штучний інтелект, як на єдине джерело інформації. Важливо перевіряти та аналізувати отримані дані з наукових джерел. Усі випадки використання штучного інтелекту для виконання завдань мають бути чітко вказані та задокументовані. Це стосується як використання текстових генераторів, так й інших інструментів штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту має відповідати принципам академічної доброчесності. Недотримання цього положення розглядатиметься як порушення академічної етики.

Неформальна освіта

За бажанням здобувача, в умовах, що не сприяють регулярному відвідуванню занять, допускається вивчення окремих змістовних частин дисципліни в асинхронному режимі, зокрема через опанування дистанційних курсів та інших форм неформального навчання. Для врахування в рейтинговій системі оцінювання балів за такі курси, вони мають змістовно відповідати певним темам силабусу, а їх проходження узгоджене з викладачем дисципліни. На підтвердження проходження неформального навчання студент має надати відповідний документ (сертифікат) із зазначенням назви курсів та їх обсягу в годинах. Визнання результатів неформальної освіти відбувається у порядку визначеному у відповідному Положенні КПІ ім. Ігоря Сікорського: <https://osvita.kpi.ua/node/179>.

Зокрема, рекомендується навчання на онлайн курсі **«Біофотоніка та наноелектроніка»**. Курс розміщено на освітній онлайн-платформі «Moodle» за посиланням: *Платформа «Сікорський»* - курс **«Біофотоніка та наноелектроніка»** <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6321>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO) дисципліни «Біофотоніка та наноелектроніка»

Рейтинг студента з дисципліни «Біофотоніка та наноелектроніка» складається з балів, що отримуються за: доповіді, відповіді, вирішення завдань та доповнення відповідей інших студентів у процесі дискусії на практичних заняттях.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами.

Критерій	Перша атестація	Друга атестація
----------	-----------------	-----------------

Термін атестації		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг	≥ 15 балів	≥ 40 балів
	Виконання практичних робіт	+	+
	Виконання модульної контрольної роботи	–	+
	Виконання реферату	-	+

Розрахунок вагових балів

PCO з навчальної дисципліни складається з суми балів за контрольні заходи протягом семестру RD =100.

RD складається з балів, які студент отримує за наступні види робіт: відповіді на практичних заняттях; Реферат, МКР.

1. Розрахунок вагових балів

PCO з навчальної дисципліни складається з суми балів студента за усі виконані контрольні заходи протягом семестру (RD).

$$RD = r_{\text{реф.}} + r_{\text{мкр}} + r_{\text{нр}} = 20 + 20 + 10 = 50 \text{ балів.}$$

1. Модульна контрольна робота є поточним контрольним заходом, який охоплює практичні навички застосування фізичних принципів електронних та сенсорних систем у протезуванні.

Ваговий бал – 20.

Критерії оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) на всі питання модульної контрольної роботи; студент вільно орієнтується в поданому матеріалі – 20 балів;
- студент надав відповіді на 75% питань модульної контрольної роботи; відповіді на всі питання контрольної потребують уточнень – 15балів;
- студент надав відповіді на 60% питань модульної контрольної роботи; відповіді потребують суттєвих уточнень, недостатнє володіння матеріалом – 10 балів;
- відповідь не відповідає вимогам на 10 балів, студент не орієнтується в матеріалі, вкрай обмежена відповідь – 0 балів.

2. Реферат є поточним контрольним заходом, яка охоплює практичні навички застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, моделювання та аналізу схем включення активних датчиків та схем отримання сигналів від пасивних датчиків, інструментальних підсилювачів, схем нормування, фільтрації, аналого-цифрового перетворювання та стандартних інтерфейсів сигналів датчиків електронних та сенсорних систем, які широко використовуються у сучасних методах протезування.

Ваговий бал – 20.

Критерії оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) на всі питання модульної контрольної роботи; студент вільно орієнтується в поданому матеріалі – 20 балів;
- студент надав відповіді на 75% питань модульної контрольної роботи; відповіді на всі питання контрольної потребують уточнень – 15балів;

- студент надав відповіді на 60% питань модульної контрольної роботи; відповіді потребують суттєвих уточнень, недостатнє володіння матеріалом – 10 балів;
- відповідь не відповідає вимогам на 10 балів, студент не орієнтується в матеріалі, вкрай обмежена відповідь – 0 балів.

3. Практичні роботи

Ваговий бал – 10.

Критерії оцінювання:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) на всі питання практичних робіт; студент вільно орієнтується в поданому матеріалі – 10 балів;
- студент надав відповіді на 75% питань практичних робіт; відповіді на всі питання контрольної потребують уточнень – 5 балів;
- студент надав відповіді на 60% питань практичних робіт; відповіді потребують суттєвих уточнень, недостатнє володіння матеріалом – 3 бали;
- відповідь не відповідає вимогам на 3 бали, студент не орієнтується в матеріалі, вкрай обмежена відповідь – 0 балів.

4. Заохочувальні бали (не більше 10 балів за усі види робіт):

- за науково-дослідницьку діяльність (участь у конференціях, конкурсах студентських робіт, публікації);
- участь у факультетських олімпіадах з навчальної дисципліни та всеукраїнських олімпіадах.

2. Порядок проведення атестаційного і залікового контролю

За результатами навчальної роботи за перші 8 тижнів «ідеальний» студент має набрати 20 балів. На першій атестації (7 тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг складає 20 і більше балів. На другій атестації (14 тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг складає 40 і більше балів. Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування усіх завдань на практичних, а також МКР.

Для складання атестації з навчальної дисципліни кожен викладач використовує накопичувальну відомість, в яку заносяться нараховані бали за всі види виконаних студентом аудиторних та самостійних завдань (практичні заняття, МКР, експрес-контроль тощо). Рейтингові бали заносяться у відомості рубіжного контролю (1-а, 2-а атестації) та заліку.

У випадку, якщо цей показник не відповідає вимогам, в атестаційній відомості виставляється «не атестований».

Семестровий контроль: ЕКЗАМЕН (усна форма)

3. Екзамен

Ваговий бал – 50.

Залік передбачає відповідь студента на два питання. Питання є різними за змістом, відповідають тематиці лекцій, практичних, самостійної роботи, питань з самоконтролю. Кожне питання оцінюється в 25 балів.

Критерії оцінювання:

48-50 балів - студент демонструє глибоке знання змісту навчального матеріалу, здатність до системного й міждисциплінарного аналізу проблем курсу; вільно й коректно використовує наукові поняття та терміни, формулює логічні, аргументовані висновки, виявляє власну обґрунтовану позицію щодо дискусійних питань;

43-47 бали - студент демонструє дуже добрий рівень засвоєння навчального матеріалу, добре орієнтується в основних темах курсу, здатний до аналізу та узагальнення; можливі поодинокі неточності у формулюваннях або прикладах, які не впливають суттєво на загальний рівень

відповіді;

38-42 бали - студент демонструє достатньо повне розуміння основних тем і питань курсу. Використовує базову наукову термінологію, однак аналіз є переважно описовим; висновки сформульовані, але не завжди достатньо аргументовані;

33-37 бали - студент демонструє загальне уявлення про навчальний матеріал, але відповіді містять помітні неточності у визначеннях, прикладах або логіці викладу; застосування наукової термінології є обмеженим, аналітична складова виражена слабо;

30-32 бали - студент демонструє фрагментарні знання окремих тем курсу, орієнтується лише в частині ключових понять; відповіді неповні, поверхові, висновки недостатньо обґрунтовані;

0-29 балів - студент не орієнтується у ключових поняттях і проблематиці курсу; відповіді нелогічні або відсутні.

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Активність на практичних заняттях, позитивна оцінка на додаткові питання.
2. Позитивний результат першої атестації та другої атестації.
3. Відвідування лекційних занять та повний конспект всіх лекцій з додатковими питаннями.

Обов'язкова умова допуску до екзамену		Критерій
1	Поточний рейтинг. Виконання реферату.	RD $\geq$ 10
2	Написання модульної контрольної роботи	RD $\geq$ 10
3	Виконання та захист практичних робіт	RD $\geq$ 10
	Всього	RD = 30

У разі виявлення академічної не доброчесності під час навчання – контрольний захід не зараховується.

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності на контрольному заході або в дистанційній формі (е-поштою). Також фіксуються в системі «Електронний кампус».

Необов'язкові умови допуску до екзамену:

1. Активність на практичних заняттях.
2. Позитивний результат першої атестації та другої атестації.
3. Відвідування лекційних занять.

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка за університетською шкалою
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Екзамен проводиться в усній формі.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента) «Біофотоніка та наноелектроніка»

Дистанційне навчання через проходження додаткових он-лайн курсів за певною тематикою допускається за умови погодження зі студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти он-лайн курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні.

Список курсів пропонується викладачем після виявлення бажання студентами (оскільки банк доступних курсів поновлюється майже щомісяця).

Студент надає документ, що підтверджує проходження дистанційного курсу (у разі проходження повного курсу) або надає виконані практичні завдання з дистанційного курсу та за умови проходження усної співбесіди з викладачем за пройденими темами може отримати оцінки за контрольні заходи, які передбачені за вивченими темами (експрес-контрольні / тестові завдання, практичні роботи).

Можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних курсів

1. Проходження онлайн-курсів у системі Moodle

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів у системі Moodle за певною тематикою допускається за умови погодження зі студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у силабусі навчальної дисципліни (практичні роботи, модульна контрольна робота, КР).

2. Проходження онлайн-курсів на платформі Coursera

*Студентам пропонуються курси на платформі **Coursera**, які дають їм можливість отримання кредитів у якості змішаного чи додаткового навчання, а також отримати додаткові бали з навчальної дисципліни.*

*Курси з каталогу **Coursera for Campus** або он-лайн курси обрані самими студентами з більш широкого каталогу **Coursera** доповнюють навчальну програму з дисципліни. Перелік дистанційних курсів наведено на сайті кафедри біомедичної інженерії КПІ ім. Ігоря Сікорського: <http://bmi.fbmi.kpi.ua/non-formal-education>*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцент кафедри БМІ, к.т.н., доцент **БОГОМОЛОВ МИКОЛА ФЕДОРОВИЧ**

Ухвалено кафедрою _____ БМІ _____ (протокол № __14__ від 25 червня 2026)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 25 червня 2026)

Додаток 1. Програмні результати навчання (розширена форма)

В результаті вивчення навчальної дисципліни «**Біофотоніка та наноелектроніка**» студенти зможуть:

Результати навчання		Відповідність результатів навчання до компетентностей у СВО ⁶	
		Загальні компетентності (soft skills)	Спеціальні компетентності (фахові)
ПРН 01	Вміти аналізувати, розробляти та застосовувати технології та обладнання для дослідження фізіологічних і патологічних процесів людини, засобів сучасної діагностичної апаратури та систем відображення біомедичної інформації, відповідного програмного забезпечення, обґрунтовувати адекватні теоретичні моделі. (Підсилення).	ЗК 02 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (Підсилення).	ФК 01 Здатність вирішувати комплексні проблеми біомедичної інженерії із застосуванням методів математики, природничих та інженерних наук) (Підсилення).).
ПРН 02	Застосування методів розрахунку та вибору класичних та новітніх конструкцій біоматеріалів, елементів приладів і систем медичного призначення. (Підсилення).	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій при проектуванні та експлуатації електронних та сенсорних систем в протезуванні.	ФК 03 Здатність аналізувати складні медико-інженерні та біоінженерні проблеми та здійснювати їх формалізацію для знаходження кількісних рішень із застосуванням сучасних математичних методів та інформаційних технологій. (Підсилення).
ПРН 04	Володіння методами проектування цифрових мікропроцесорних і біотехнічних систем медичного призначення.(Підсилення).	ЗК 03 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми. Підсилення).	ФК 05 Здатність розробляти технічні завдання на створення, а також моделювати, оцінювати, проектувати та конструювати складні біоінженерні та медико-інженерні системи і технології. (Підсилення).
ПРН 07	Знання принципів розвитку і сучасних проблем створення біосумісних матеріалів в медичній практиці. (Підсилення).	ЗК 02 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (Підсилення).	ФК 09 Здатність до створення інструментів та методологій наукової діяльності, оцінювання та

			впровадження результатів сучасних розробок, рішень та досягнень інженерних і точних наук в медицину і біологію. (Підсилення).
ПРН 08	Аналізувати і враховувати у професійній діяльності тенденції науково-технічного розвитку галузі біомедичної інженерії та на стику різних галузей. Розуміти та застосовувати принципи інноваційної діяльності, зокрема в контексті дослідницької роботи, володіти навичками адаптації в ситуаціях, пов'язаних з роботою за фахом.(Підсилення).	ЗК 05 Здатність працювати в міжнародному контексті. (Підсилення).	ФК 04 Здатність створювати і вдосконалювати засоби, методи та технології біомедичної інженерії для дослідження і розробки біоінженерних об'єктів та систем медико-технічного призначення. (Підсилення).
ПРН 09	Розуміння етичних, екологічних і комерційних обмежень в інженерній практиці. (Підсилення).	ЗК 05 Здатність працювати в міжнародному контексті. (Підсилення).	ФК 01 Здатність вирішувати комплексні проблеми біомедичної інженерії із застосуванням методів математики, природничих та інженерних наук) (Підсилення).
ПРН 13	Аналізувати і вирішувати складні медикоінженерні та біоінженерні проблеми із застосуванням математичних методів та інформаційних технологій. (Підсилення).	ЗК 02 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (Підсилення).	ФК 01 Здатність вирішувати комплексні проблеми біомедичної інженерії із застосуванням методів математики, природничих та інженерних наук) (Підсилення).
ПРН 18	Презентувати результати досліджень і розробок державною та іноземною мовами у вигляді заявок на винахід, наукових публікацій, доповідей на науково-технічних заходах. (Підсилення).	ЗК 02 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (Підсилення).	ФК 12 Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.), планувати біотехнічні випробування штучних протезів та систем. (Підсилення).

Додаток 2. Методичні рекомендації до написання та оформлення реферату

Одним з основних видів семестрового контролю під час опанування навчальної дисципліни **«Біофотоніка та наноелектроніка»** є виконання реферату. Реферат виконується згідно з вимогами, у термін, зазначений викладачем.

Основні цілі індивідуального завдання реферату - це завдання, яке передбачає вирішення конкретної практичної навчальної задачі за матеріалами теоретичного об'єму дисципліни **«Біофотоніка та наноелектроніка»** з використанням відомого, а також самостійно вивченого теоретичного матеріалу з проектування і побудови сучасних лабораторних аналітичних пристроїв широкого призначення. Значну частину такої роботи складає графічний матеріал, який виконується відповідно до чинних нормативних вимог та з обов'язковим застосуванням комп'ютерної графіки, якщо це визначено завданням, і використанням сучасних програмних систем проектування біомедицинської апаратури лабораторного аналітичного призначення. Контрольні роботи, як і розрахункові роботи, можуть передбачати певний ілюстративний матеріал.

У рефераті розкриваються такі основні питання:

1. Методи накачування лазерів, створення інверсії, населеність енергетичних рівнів.
2. Особливості квантового підсилення та генерації лазерного випромінювання.
3. Взаємодія лазерного випромінювання з біологічними об'єктами.
4. Особливості взаємодії лазерного випромінювання з малими частинками.
5. Взаємодія лазерного випромінювання з середніми та великими частинками.
6. Особливості розсіяння лазерного випромінювання від елементів крові.
7. Математична модель взаємодії лазерного світла з малими частинками.
8. Математичні методи аналізу оптичних характеристик різних об'єктів.
9. Моделювання індикатриси розсіяння для біологічних об'єктів.

Титульний аркуш реферату повинен мати такий зміст: назва університету; назва факультету; назва кафедри; назва спеціальності, назва освітньо-професійної програми, реєстраційний номер, назва навчальної дисципліни; тема розрахунково-графічної роботи; прізвище та ім'я студента, курс, номер академічної групи, рік.

За титульним аркушем слідує детальний план (зміст реферату, в якому треба виділити вступ, 3 розділи основного змісту (аналіз літературних джерел, опис функціональної схеми, розрахунок функціонального блоку або розробка програмного забезпечення), їх підрозділи (за потребою), висновок, список використаних джерел. У змісті праворуч позначаються номери сторінок початку кожного питання. Кожен розділ починається з нової сторінки.

Загальний обсяг реферату в залежності від обраної теми може варіюватися від **30 до 40** сторінок основного тексту (за узгодженням з викладачем). Обсяг реферату визначається вмінням студента стисло і водночас вичерпано розкрити тему: актуальність теми, що розглядається, сучасні тенденції та проблеми, проаналізувати кращі зарубіжні та українські технології, зробити висновки та обґрунтувати власні пропозиції та рекомендації.

До реферату надається анотація двома мовами – українською та англійською, із зазначенням ключових слів.

Обов'язкова вимога: чітке посилання на джерела інформації. Всі цифри, факти, думки вчених, цитати, формули повинні мати посилання у вигляді [2, с.54] (перша цифра означає номер джерела у наведеному в кінці творчої роботи списку літератури, а друга цифра – номер сторінки у цьому джерелі). Бажано використовувати таблиці, схеми, графіки, діаграми тощо. Список використаних джерел (не менше 10 джерел) оформляється згідно з діючими правилами. Якщо інформація взята з мережі Інтернет, потрібно, як і для звичайної літератури,

вказати автора, назву статті, а потім навести адресу сайту в Інтернет.

Реферат оцінюється за критеріями: логічності плану; повноти й глибини розкриття теми; наявності ілюстрацій (таблиці, рисунки, схеми, скріншоти веб-сторінок тощо); кількості використаних джерел і чіткості посилань на них; відображення практичних матеріалів та результатів розрахунків; оформлення; обґрунтування власної думки студента з цього питання у вигляді висновку.

Граничний термін подання реферату на перевірку: за 10 днів до початку залікової сесії.

Реферат не перевіряється на плагіат, але повинен відповідати вимогам академічної доброчесності. У разі виявлення академічної не доброчесності, робота анулюється і не перевіряється.

Додаток 4.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль для модульної контрольної роботи з дисципліни «Біофотоніка та наноелектроніка» :

1. Лазерні аналізатори параметрів крові людини. Схеми, характеристики.
2. Лазерні пристрої проточної цитометрії. Схеми, характеристики.
3. Застосування лазерів для діагностики захворювань крові людини.
4. Лазерні терапевтичні пристрої. Схеми, характеристики.
5. Застосування УФ-лазерів у медицині. Схеми, характеристики.
6. Застосування ІЧ-лазерів у медицині. Схеми, характеристики.
7. Вплив УФ та ІЧ-випромінювання на біологічні об'єкти.
8. Лазерні нефелометри. Принцип дії, оптичні схеми, конструкції.
9. Застосування лазерів для опромінювання крові людини. Схеми, характеристики.
10. Сучасні лазерні пристрої для вимірювання вмісту цукру у крові людини. Схеми, характеристики.
11. Сучасні лазерні скальпелі на CO₂ та твердотільних лазерах.
12. Волоконно-оптичні медичні ендоскопи. Конструкції, характеристики.
13. Застосування лазерів у офтальмології. Схеми, конструкції.
14. Застосування лазерів у онкології. Схеми, конструкції.
15. Застосування лазерів для терапії. Схеми, конструкції.
16. Застосування лазерів для діагностики захворювань. Схеми, конструкції.
17. Застосування лазерів у хірургії. Схеми, конструкції.
18. Застосування лазерів для лікування захворювань шкіри людини, косметології.
19. Застосування He-Ne лазерів для лікування серцево-судинних захворювань. Схеми, характеристики.
20. Застосування лазерних спектрофотометрів для діагностики захворювань крові людини. Схеми, характеристики.