



БІОМЕДИЧНІ СЕНСОРИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти

Перший (бакалаврський)

Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування ¹
Спеціальність	153 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	Мікро- та наноелектроніка
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Змішана (очно-дистанційна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредита ЕКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / Модульні контрольні роботи
Розклад занять	
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. Коваль Вікторія Михайлівна, v.m.koval@kpi.ua , 095 188 23 54 Лабораторні роботи: к.т.н., доц. Коваль Вікторія Михайлівна, v.m.koval@kpi.ua , 095 188 23 54
Розміщення курсу	Код класу: xqcyq5s https://meet.google.com/rhb-vgev-ixp

Програма навчальної дисципліни

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

В навчальній дисципліні “Біомедичні сенсори” будуть вивчатися механізми перетворення біофізичних та біохімічних величин в електричний сигнал та принципи побудови сенсорів на їх основі, які можуть використовуватись для моніторингу стану здоров’я людини та оточуючого її середовища. Майбутньому фахівцю зі спеціальності Мікро- та наносистемної техніки варто вивчати дану дисципліну, оскільки вона вивчає фізичні та технічні особливості сенсорів медичного призначення. Даний курс цікавий тим, що дає можливість познайомитись з великою різноманітністю сучасних біомедичних сенсорів, в тому числі для реалізації дистанційної медицини за допомогою носимих сенсорів (wearable e-health sensors). Для того, щоб розуміти механізми роботи існуючих сенсорів та вміти розробляти їх нові види, потрібні ґрунтовні знання фізичних явищ та принципів їх використання для побудови сенсорних приладів.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- давати фізичне обґрунтування механізму перетворення біофізичних та біохімічних величин в електричний сигнал, що використовується для побудови біомедичних сенсорів;
- самостійно розробляти на основі вивчених фізичних ефектів нові види біомедичних сенсорів.

Вивчення даної дисципліни забезпечить студентів наступні **компетентності**: вдосконалювати сучасні та розробляти нові види сенсорних приладів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: фізичних явищ (ефектів), які лежать в основі роботи сучасних біомедичних сенсорів температури, тиску, дотику, руху, вологості, подиху, фізіологічних рідин тощо,

уміння: використовувати фізичні явища (ефекти), які лежать в основі роботи сучасних сенсорів температури, тиску, дотику, руху, вологості, подиху, фізіологічних рідин тощо для побудови нових видів біомедичних сенсорів.

досвід: практичного використання вивчених фізичних ефектів для пояснення механізму перетворення певних біофізичних та біохімічних величин в електричний сигнал, що використовується в сучасних біомедичних сенсорах, а також теоретичної розробки на їх основі нових видів чутливих елементів.

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

Для успішного вивчення даної дисципліни студенти мають засвоїти наступні дисципліни (**пререквізити дисципліни**):

- бакалаврські курси: “Фізика твердого тіла” та “Твердотільна електроніка”

Результати навчання даної дисципліни використовуються для вивчення наступних дисциплін (**постреквізити дисципліни**):

- магістерські курси: “Електронні сенсори” та “Оптоелектронні інформаційні системи”.
- переддипломна практика та дипломне проектування.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1.

Базова частина курсу

Тема 1. Сенсори для вимірювання біофізичних сигналів.

Тема 2. Сенсори для вимірювання біохімічних сигналів.

Тема 3. Сенсори для вимірювання параметрів оточуючого середовища.

Розділ 2.

Спецтеми

Тема 1. Різновиди біомедичних сенсорів за місцем їх розташування.

Тема 2. Різновиди біомедичних сенсорів за областю їх використання.

Тема 3. Різновиди біомедичних сенсорів за конструктивними ознаками.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни:

1. Фізичні основи сенсорики: Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. М. Коваль. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,98 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 130 с.
2. Фізичні основи сенсорики: Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. М. Коваль. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,47 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 65 с.

Допоміжна література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни:

1. Розробка і застосування індукційних сенсорів для інформаційно-діагностичних систем: монографія / В.О. Нічога, П.Б. Дуб ; за загальною редакцією І.Н. Прудиуса ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2021. - 723 с.
2. Електронні методи і засоби біомедичних вимірювань [Електронний ресурс]: навчальний посібник / С. К. Мещанінов, В. М. Співак, А. Т. Орлов; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». - Київ: НТУУ «КПІ», 2016. - 213с
3. eHealth 360° [electronic resource] : International Summit on eHealth, Budapest, Hungary, June 14-16, 2016, Revised Selected Papers / edited by Kostas Giokas, Laszlo Bokor, Frank Hopfgartner. // Springer eBooks - Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2017. - XIX, 505 p.
4. Healthcare and Big Data Management [electronic resource] / edited by Bairong Shen. // Springer eBooks - Singapore : Springer Singapore : Imprint: Springer, 2017. - V, 164 p. 30

Зазначену літературу можна знайти в бібліотеці КПІ ім.І.Сікорського, на сайті кафедри мікроелектроніки (<http://me.kpi.ua/index.php?id=61>) або в інтернеті.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методика опанування дисципліни полягає у вивченні теоретичної частини матеріалу на лекційних заняттях та ознайомлення студентів з фізичними явищами, що лежать в основі роботи біомедичних сенсорів, на лабораторних заняттях. В лекційному матеріалі головний акцент зроблено на теоретичні основи функціонування та основні параметри і характеристики електронних сенсорів. Всі лекційні заняття для підвищення наочності супроводжуються презентаціями, які демонструються на великому екрані за допомогою проектора.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

- 1) дослідницький метод викладу (лекції);
- 2) доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (технологія GoogleClassroom та електронні презентації для лекційних занять).

Теми лекційних занять:

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Сенсори моніторингу стану людського організму та оточуючого середовища – Основні положення силабусу з курсу Біомедичні сенсори. – Рейтингова система оцінювання. – Структура курсу. – Основні поняття та класифікація біомедичних сенсорів. – Сучасні напрямки розробок в галузі біосенсоріки
2	Сенсори подиху для аналізу дихальної активності людини – Актуальність розробки сенсорів подиху для аналізу дихальної активності людини (breath sensors). – Параметри дихальної активності людини. – Структура та різновиди сенсорів подиху. – Сенсори вологості подиху (humidity breath sensors). – Сенсори температури подиху (temperature breath sensors). – Газові сенсори подиху (optical breath sensors). – Механічні сенсори подиху (mechanical breath sensors).

3	Сенсори неорганічних газів та летких органічних сполук у подиху людини та повітрі житлового приміщення – Леткі органічні сполуки (ЛОС) – Зв'язок вмісту ЛОС у подиху людини чи житловому приміщенні з показниками здоров'я – Класифікація сенсорів ЛОС та їх основні характеристики
4	Сенсори для візуалізації внутрішніх органів (УЗД) – Створення та реєстрація пружних коливань – Види електроакустичних перетворювачів – Прямий та зворотній п'єзоефект – Застосування ВЧ та НЧ ультразвуку в медицині
5	Сенсори фізіологічних рідин (крові, сечі, поту, слини, сльози) – Носимі сенсори крові та сечі (Wearable Blood and Urine Sensors) – Носимі сенсори поту (Wearable Sweat Sensors) – Носимі сенсори слини (Wearable Saliva Sensors) – Носимі сенсори сльози (Wearable Tears Sensors)
6	Сенсори радіоактивного випромінювання. – Види, параметри та одиниці вимірювання високоенергетичного випромінювання. – Детектори на основі іонізації газів. – Напівпровідникові детектори. – Сцинтиляційні детектори.
7	Сенсори механічних рухів – Класифікація та принцип дії сенсорів механічних полів. – Гнучкі (еластичні) сенсори вигину та деформації (Bending/Strain Sensors). – Вискоеластичні сенсори вигину та деформації (High-Strain Sensors). – Сенсори тиску та дотику (Pressure/Touch Sensors). – Застосування сенсорів деформації для аналізу м'язової активності людини (Force Miography, FMG)
8	Мультипараметричні сенсори – Загальні підходи та сучасні тренди до розробки мультипараметричних сенсорів. – Мультипараметричний сенсор для визначення моно- та полісахаридів в харчових продуктах та в організмі людини (глюкози, сахарози та лактози). – Мультипараметричний сенсор для визначення біомаркерів порушення обміну речовин (глюкози, холестерину та сечової кислоти). – Мультипараметричний сенсор для визначення біомаркерів запального процесу (pH, H₂O₂, NO/NO₂, лактату)
9	Сенсори для підготовки спортсменів – Актуальність використання та класифікація сенсорів для підготовки спортсменів. – Сенсори для вимірювання серцевого ритму. – Сенсори для вимірювання кисневого споживання – Біохімічні вимірювання – Сенсори для вимірювання техніки руху та позиції тіла – Сенсори для вимірювання сили та швидкості рухів – Способи кріплення сенсорів
10	Сенсори сну. – Моніторинг сигналів мозку під час сну. – Моніторинг серцевої активності під час сну. – Моніторинг дихання під час сну. – Моніторинг рухів тіла під час сну.

	– Моніторинг додаткових сигналів, пов'язаних зі сном.
11	Сенсори в смартфоні, на одязі, імплантовані в тіло та з автономним живленням. – Сенсори в смартфоні. – Сенсори, нанесені на одяг. – Сенсори, вживлені в тіло. – Носимі сенсори з автономним живленням

Назви лабораторних занять:

№ з/п	Назва лабораторних занять	Кількість ауд. годин
1	Сенсори летких органічних сполук для аналізу хімічного складу подиху людини.	2
2	Сенсори вигину для моніторингу м'язової активності людини.	2
3	Сенсори вологості для аналізу частоти подиху людини.	2
4	Сенсори температури та освітленості житлових приміщень	2

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Сенсори пульсу та кров'яного тиску	4
2	Сенсори освітленості, температури та вологості приміщення, в якому перебуває людина	4
3	Біомедичні наносенсори	4
5	Сенсори для хворих на діабет	4
6	Сенсори для виявлення раку	4
7	Сенсори в кімнаті/палаті/у ліжку хворого	4

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні та лабораторні заняття проводяться дистанційно в системі GoogleClassroom. Відвідування лекційних занять не є обов'язковим, однак для одержання іспиту “автоматом” потрібно набрати більше 60 балів, які можна набрати відвідавши лекційне заняття (пройшовши експрес-тест по матеріалу лекції), написавши модульну контрольну роботу та відвідавши лабораторне заняття (виконавши та захистивши лабораторні роботи).

Бали за **роботу під час лекції** нараховуються на основі експрес-опитування у вигляді тесту. Кожний тест містить 4 запитання до матеріалу лекційного заняття, правильна відповідь на які дасть змогу отримати 4 бали.

Робота на лабораторному занятті передбачає виконання або захист лабораторної роботи. За виконання кожної роботи студент одержує 5 балів, а на захисті – по 6 балів за оформлення протоколу та відповіді на 2 питання по теоретичному матеріалу лабораторної роботи.

Студенти, які набрали протягом семестру кількість балів ≥ 60 мають можливість не здавати залік, а отримати оцінку “автоматом” відповідно до набраного рейтингу з дисципліни. Студенти, які не набрали 60 балів, або набрали ≥ 60 , однак одержана оцінка їх не влаштовує, здають залік без урахування семестрових рейтингових балів.

Умова допуску до заліку – виконання та захист лабораторних робіт та написання модульної контрольної роботи.

Залік є усним. Білет на заліку складається з 2-х питань по тематиці змістовних модулів, що виносяться на аудиторні заняття та на самостійне опрацювання.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування (тест) наприкінці кожної лекції.

Календарний контроль: провадиться один раз на семестр у вигляді модульної контрольної роботи (МКР).

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: виконання та захист лабораторних робіт, написання МКР.

1. Система рейтингової оцінки по видам занять:

№ п/п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів на "відмінно"
1.	Лекції: -експрес-опитування (тест)	11	4	44
2.	Модульна контрольна робота	1	12	12
3.	Лабораторні заняття: виконання лабораторної роботи	4	5	20
	захист лабораторної роботи	4	6	24
Семестрові бали				100

2. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
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

3. Якщо з об'єктивних обставин кількість занять змінюється, семестрові бали, наведені у п.н. 1, відповідним чином корегуються.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань для заліку:

Основні поняття та класифікація біомедичних сенсорів.

Сенсори подиху для аналізу дихальної активності людини

Сенсори неорганічних газів та летких органічних сполук у подиху людини та повітрі житлового приміщення

Сенсори для візуалізації внутрішніх органів (УЗД)
Сенсори пульсу та кров'яного тиску
Сенсори фізіологічних рідин (крові, сечі, поту, слини, слюзи)
Сенсори освітленості, температури та вологості приміщення, в якому перебуває людина
Сенсори радіоактивного випромінювання.
Сенсори механічних рухів
Мультипараметричні сенсори
Сенсори для підготовки спортсменів
Сенсори сну
Сенсори для хворих на діабет
Сенсори для виявлення раку
Сенсори в кімнаті/палаті/у ліжку хворого
Сенсори в смартфоні.
Сенсори, нанесені на одяг.
Сенсори, вживлені в тіло.
Носимі сенсори з автономним живленням
Біомедичні наносенсори

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доц., к.т.н., доц., Коваль Вікторія Михайлівна

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки ФЕЛ (протокол № 27 від 21.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/2024 від 27.06.2024 р.)