



# БІОМЕДИЧНІ ЕЛЕКТРОННІ СЕНСОРИ ТА СИСТЕМИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 2. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	153 Мікро- та наносистемна техніка
Освітня програма	ОНП «Мікро- та наносистемна техніка»
Статус дисципліни	Обов'язкова (нормативна)
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	150 годин (5 кредитів ЄКТС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	МКР, Реферат, Залік
Розклад занять	<a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська/Англійська/
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: проф. каф. МЕ, к.т.н., проф. Орлов Анатолій Тимофійович, <a href="mailto:a.orlov@kpi.ua">a.orlov@kpi.ua</a> , т. 0679825255 <sup>1</sup> Практичні / Семінарські: к.т.н., проф. Орлов Анатолій Тимофійович, Лабораторні: к.т.н., проф. Орлов Анатолій Тимофійович,
Розміщення курсу	Google classroom <a href="https://https://classroom.google.com/c/NjE4ODA3MjAyNTg0">https://</a> <a href="https://classroom.google.com/c/NjE4ODA3MjAyNTg0">https://classroom.google.com/c/NjE4ODA3MjAyNTg0</a>

### 3. Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Біомедичні електронні сенсори та системи» (далі БЕСС) дуже важлива для вивчення майбутніми магістрами мікро- та наносистемної техніки, тому, що сучасні системи телекомунікацій та Інтернету речей, методи та обладнання діагностики захворювань, моніторингу фізичного стану людини у клініках, амбулаторіях вдома та тренувальних закладах, при проведенні біомедичних наукових досліджень використовують величезну кількість електронних сенсорів. Навчальна дисципліна БЕСС є нормативною і становить базу для забезпечення можливості формування індивідуальної освітньої траєкторії.

**Метою** вивчення навчальної дисципліни є:

- надати обґрунтування механізмів перетворення певних фізичних, хімічних та біомедичних величин (температури, тиску, концентрації, переміщення, швидкості, прискорення, рН, тощо) в електричний сигнал, які використовуються для побудови сенсорів та біочіпів;
- отримання знань для самостійного розроблення на основі вивчених фізичних та інших ефектів нові види біомедичних сенсорів та приладів і систем на їх основі.

- Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі **результати навчання:**

**знання:** основних показників фізичного стану людини та теорії отримання біосигналів, фізичних явищ (ефектів), які лежать в основі роботи сучасних сенсорів температури, тиску, газу, вологості, фізіологічних рідин, переміщення, швидкості, прискорення, магнітних полів та радіоактивності та ін.

### **Загальні компетентності**

1. ЗК 2 - Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
2. ЗК 5 - Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Спеціальні (фахові) компетентності:**

1. ФК 1 - Здатність ефективно використовувати складне контрольно-вимірвальне, технологічне та дослідницьке обладнання при дослідженнях та виробництві матеріалів, компонентів, приладів і пристроїв мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення.
2. ФК 2 - Здатність здійснювати тестування та діагностику приладів та обладнання, а також оброблення і аналіз отриманих результатів.
3. ФК 3 - Здатність аналізувати та синтезувати мікро- та наноелектронні системи різного призначення.
4. ФК 4 - Здатність розробляти, обґрунтовано вибирати і використовувати сучасні методи обробки та аналізу сигналів в мікро- і наноелектронних приладах та системах.
5. ФК 10 -Здатність демонструвати і використовувати знання методів та технологій розробки, тестування та застосування інформаційно-вимірвальних, мікроконтролерних систем, систем обробки, відображення та передачі даних, включаючи біомедичні системи.
6. ФК 11 -Здатність до участі у розробці та удосконаленні наукової, проектноконструкторської, технологічної, метрологічної та організаційно-управлінської документації.
7. ФК 12 -Здатність використовувати інформаційні технології, методи інтелектуалізації та візуалізації, штучного інтелекту, методи машинного навчання, хмарні технології для дослідження та аналізу процесів в мікро- та наносистемній техніці, включаючи електронні біомедичні системи.
8. ФК 13 -Здатність до системного мислення, розв'язання задач розробки, оптимізації та оновлення конструктивних елементів мікроелектроніки та структурних блоків приладів фізичного та біомедичного призначення.
9. ФК 14 -Здатність створювати нові функціональні матеріали та прилади і системи мікро- та наносистемної техніки на їх основі.

### **Результатами навчання після вивчення дисципліни:**

1. ПРН 1 Формулювати і розв'язувати складні інженерні, виробничі та/або наукові задачі під час проектування, виготовлення і дослідження мікро- та наносистемної техніки різноманітного призначення та створення конкурентоспроможних розробок, втілення результатів у бізнес-проектах.
2. ПРН 2 Визначати напрями, розробляти і реалізовувати проекти модернізації виробництва мікро- та наносистемної техніки з урахуванням технічних, економічних, правових, соціальних та екологічних аспектів.
3. ПРН 3 Оптимізувати конструкції систем, пристроїв та компонентів мікро- та наносистемної техніки, а також технології їх виготовлення.
4. ПРН 4 Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері мікрота наноелектроніки, для розв'язування складних задач професійної діяльності.
5. ПРН 6 Розробляти вироби та компоненти мікро- та наносистемної техніки, враховуючі вимоги до їх характеристик, технологічні та ресурсні обмеження; використовувати сучасні інструменти автоматизації проектування.

6. ПРН 7 Розв'язувати задачі синтезу та аналізу приладів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки.

7. ПРН 8 Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її.

8. ПРН 9 Забезпечувати якість виробництва; обирати технології, що гарантують отримання необхідних характеристик твердотільних пристроїв; застосовувати сучасні методи контролю мікро- та наносистемної техніки.

9. ПРН 11 Досліджувати процеси у мікро- та наноелектронних системах, приладах й компонентах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів.

10. ПРН 12 Будувати і досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів та процесів мікро- та наноелектроніки.

11. ПРН 20 Проводити проектування, випробування, експериментальні та теоретичні дослідження властивостей матеріалів, наноструктур та технологій, компонентів та пристроїв мікро- та наносистемної техніки, включаючи електронні біомедичні системи.

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються студентам на першому занятті.

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

Дисципліна має міждисциплінарний характер. Вона інтегрує відповідно до свого предмету знання з інших освітніх і наукових галузей, таких як фізика твердого тіла, матеріалознавство, електроніка, фізіологія, біохімія, механіка, лабораторна, лікувальна і діагностична медична техніка, отримання і обробка сигналів і зображень. За структурно-логічною схемою програми підготовки магістра ОНП з мікро- та наносистемної техніки тісно пов'язана з іншими дисциплінами, сучасними науковими дослідженнями із спеціальності і технологіями.

**Постреквізити:** ПО8 Наукова робота за темою магістерської дисертації; ПО9 Науково-дослідна практика; ПО10 Виконання магістерської дисертації.

#### **5. 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 технічні проблеми розроблення мікросистем та здійснювати їх формалізацію для знаходження кількісних рішень із застосуванням сучасних математичних методів та інформаційних технологій.
8. Здатність досліджувати технічні аспекти функціонування та взаємодії електронних приладів, біологічних і біотехнічних систем.

#### **6. Зміст навчальної дисципліни**

Перелік розділів та тем:

Розділ 1. Сенсорні вимірювання.

Тема 1.1 Класифікація сенсорів. Активні і пасивні сенсори.

Тема 1.2 Вимірювання в біомедицині.

Тема 1.3 Пристрої обробки вимірювальних сигналів.

Тема 1.4 Схеми формування сигналів пасивних сенсорів.

Тема 1.5 Схеми включення активних сенсорів.

## Розділ 2. Особливості конструювання біомедичних сенсорів.

Тема 2.1 Біофізичні сигнали. Активність об'єкту вимірювання та індивідуальна особливість.

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

## Розділ 3. Оптоелектронні та волоконно-оптичні сенсори.

Тема 3.1 Класифікація волоконно- оптичних сенсорів.

Тема 3.2 Сучасні оптоелектронні сенсори. Особливості пульсоксиметрії.

## 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 6.1 Взаємодія магнітного поля із твердим тілом. Ефект Холла. Магніторезистори.

Тема 6.2 Взаємодія магнітного поля з біооб'єктами.

Тема 6.3 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.

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 Мультипараметричні сенсори «електронний ніс» та «електронний язик».

№ з/п	Тема	Програмні результати навчання	Основні завдання	
			Контрольний захід	Термін виконання
<b>Розділ 1. Сенсорні вимірювання</b>				
1	Вступ. Терміни та визначення. Похибки. Класифікація сенсорів. Активні і пасивні сенсори. Вимірювання в біомедицині. Пристрої обробки вимірювальних сигналів.	ПРН 5 ПРН 7 ПРН 9	Практичне заняття №1	1й тиждень
2	Схеми формування сигналів пасивних сенсорів. Схеми включення активних сенсорів.	ПРН 7 ПРН 9	Практичне заняття №2 РГР1	2 тиждень
<b>Розділ №2 Особливості конструювання біомедичних сенсорів</b>				
3	Біофізичні сигнали. Активність об'єкту вимірювання та індивідуальна особливість. Моделі та конструкції біомедичних електродів. Області застосування біомедичних сенсорів.	ПРН 5 ПРН 8	Лабораторна робота №1 Практичне заняття №3	3 тиждень
<b>Розділ №3 Оптиелектронні та волоконно-оптичні сенсори</b>				
4	Класифікація волоконно-оптичних сенсорів. Сучасні оптиелектронні сенсори. Особливості пульсоксиметрії.	ПРН 8 ПРН 10 ПРН 19	Лабораторна робота №2 Практичне заняття №4	4 тиждень
<b>Розділ № 4 Сенсори температури</b>				
5	Термометри опору. Термопарні сенсори. Сенсори температури на фотоефекті. Діелектричні сенсори температури. Сенсори температури на напівпровідникових структурах.	ПРН 8 ПРН 12	Лабораторна робота №3 Практичне заняття №5	5 тиждень

<b>Розділ № 5 Механічні та акустичні сенсори</b>				
6	Акустичні дослідження у медицині. П'єзоелектричні ОАХ та ПАХ сенсори.	ПРН 4 ПРН 9	Практичне заняття №6	6 тиждень
7	Реєстрація статичних та динамічних механічних напружень. Тензорезистивні перетворювачі, використання кремнію для вимірювання деформації.	ПРН 9 ПРН 11	Лабораторна робота №4  Практичне заняття №7	7 тиждень
8	Акселерометри. Сенсори потоку. Сенсори лінійної та кутової швидкості. Датчики тиску та їх використання у біомедицині. МЕМС технології та сенсори.	ПРН 10 ПРН 19 ПРН 5	Лабораторна робота №5 Практичне заняття №8	8 тиждень
<b>Розділ № 6 Сенсори магнітного поля</b>				
9	Взаємодія магнітного поля із твердим тілом. Вплив магнітних полів на параметри напівпровідникових приладів. Ефект Холла. Магніторезистори. Взаємодія магнітного поля з біооб'єктами.	ПРН 8 ПРН 9 ПРН 11	Лабораторна робота №6 Практичне заняття №9	9 тиждень
<b>Розділ № 7 Сенсори жорсткого випромінювання</b>				
10	Детектори на основі іонізації газів. Напівпровідникові детектори. Сцинтиляційні детектори.	ПРН 9 ПРН 11	Лабораторна робота №7 Практичне заняття №10	10 тиждень
<b>Розділ № 8 Газові сенсори</b>				
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-варіапи.	ПРН 9 ПРН 11	Практичне заняття №11	11 тиждень

<b>Розділ № 9 Сенсори фізіологічних рідин</b>				
12	Електрохімічні методи дослідження рідин. Амперометричні, потенціометричні та кондуктометричні сенсори. Сенсори глюкози, поту, сльозної рідини та сечовини. Біохімічні та імунні сенсори. Сенсори на основі ДНК.	ПРН5 ПРН 9 ПРН 11 ПРН 20	Лабораторна робота №8 Практичне заняття №12	12 тиждень
<b>Розділ № 10 Біосенсори і біочіпи</b>				
13	Складені сенсори. Структура біосенсорів. Біомедичні наносенсори. Принципи побудови біочіпів. Електронні інтерфейси з біомедичними об'єктами.	ПРН 9 ПРН 11 ПРН 20	МКР1 Практичне заняття №13	13 тиждень
14	Мультипараметричні сенсори «електронний ніс» та «електронний язик».	ПРН 8 ПРН 9 ПРН 11	МКР1 Захист Здавання лабораторних робіт	14 тиждень

*Модульна контрольна робота* є поточним контрольним заходом, яка охоплює практичні навички застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, 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.

*Розрахунково-графічна робота* є поточним контрольним заходом, який охоплює практичні навички у застосування схем включення активних і пасивних сенсорів та їх розрахунків і моделювання роботи сенсора у схемі.

## **7. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базові ресурси**

1. 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)
2. Біомедичні електронні системи. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Електронні мікро- і наносистеми та технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Н.Г. Іванушкіна, К.О. Іванько, А.О. Попов, Є.С.Карплюк, О.П.Шуляк. – Електронні текстові данні (1 файл: 10 406 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 113 с.
3. Основи побудови біомедичних електронних систем. Конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Електронні мікро- і наносистеми та технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.:

Н.Г. Іванушкіна, К.О. Іванько, А.О. Попов, Є.С. Карплюк. – Електронні текстові данні (1 файл: 14 663 Кбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 222 с.

4. Мікроелектронні сенсори фізичних величин: В 3-ох т. / В. Вуйцік, З. Готра, О. Готра та інш.; Львів: Ліга-Прес, 2003. – 595 с.

5. Мікроелектронні сенсори фізичних величин: В 3-ох т. / В. Вуйцік, З. Готра, О. Готра та інш.; Львів: Ліга-Прес, 2003. – 595 с.

### Допоміжні ресурси

1. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: підручник / Є.С. Поліщук [та ін.] Львів: Вид-во "Бескид Біт", 2008. – 618 с.

2. Дзядевич С.В., Солдаткін О.П. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів.- Київ: Наукова думка. 2006.-255с.

3. 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](http://nbuv.gov.ua/j-pdf/biot_2008_1_1_7.pdf)

4. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з курсу „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.

## 8. Навчальний контент

### 9. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин										
	В сь ог о	у тому числі							Л а б о р а н т.	І н д и в і д у а л ь н і з а н я т я	С Р С
		Лекції		ПРАКТИЧНІ							
				Семінари		Комп. практи.					
З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні	5	6	7			
1	2	3	4				5	6	7		
<b>Розділ 1. Сенсорні вимірювання</b>											
1 Вступ. Терміни та визначення. Похибки. Класифікація сенсорів. Активні і пасивні сенсори. Вимірювання в біомедицині. Пристрої обробки вимірювальних сигналів.	10	2		2			0			6	



Назви розділів і тем	Кількість годин									
	В сь ог о	у тому числі								
		Лекції		ПРАКТИЧНІ				Л а б о р а н т.	І н д и в і д у а л ь н і з а н я т я	С Р С
		З а Н П	А у д и т о р ні	Се мі на ри		Комп. практ.				
		З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні					
2 Схеми формування сигналів пасивних сенсорів. Схеми включення активних сенсорів.	10	2		2		0				6
<b>Разом за розділом 1</b>	<b>20</b>	<b>4</b>		<b>4</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>12</b>
<b>Розділ №2 Особливості конструювання біомедичних сенсорів</b>										
3 Біофізичні сигнали. Активність об'єкту вимірювання та індивідуальна особливість. Моделі та конструкції біомедичних електродів. Області застосування біомедичних сенсорів.	12	2		2				2		6
<b>Разом за розділом 2</b>	<b>12</b>	<b>2</b>		<b>6</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>6</b>
<b>Розділ №3 Оптиелектронні та волоконно-оптичні сенсори</b>										
4 Класифікація волоконно-оптичних сенсорів. Сучасні оптиелектронні сенсори. Особливості пульсоксиметрії.	16	2		2				2		10
<b>Разом за розділом 3</b>	<b>16</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>10</b>
<b>Розділ № 4 Сенсори температури</b>										
5 Термометри опору. Термопарні сенсори. Сенсори температури на фотоефекті. Діелектричні сенсори температури. Сенсори температури на напівпровідникових структурах.	14	2		2				2		8
<b>Разом за розділом 4</b>	<b>14</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>8</b>
<b>Розділ № 5 Механічні та акустичні сенсори</b>										

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	В сь ог о	у тому числі								
		Лекції		ПРАКТИЧНІ				Л а б о р а н т.	І н д и в і д у а л ь н і з а н я т я	С Р С
				Семінари		Комп. практ.				
З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні					
6 Акустичні дослідження у медицині. П'єзоелектричні ОАХ та ПАХ сенсори.		2		2				2		2
7 Реєстрація статичних та динамічних механічних напружень. Тензорезистивні перетворювачі, використання кремнію для вимірювання деформації.		2		2				2		2
8 Акселерометри. Сенсори потоку. Сенсори лінійної та кутової швидкості. Датчики тиску та їх використання у біомедицині. MEMS технології та сенсори.		2		2				2		2
<b>Разом за розділом 5</b>	<b>22</b>	<b>6</b>		<b>6</b>		<b>0</b>		<b>6</b>		<b>6</b>
<b>Розділ № 6 Сенсори магнітного поля</b>										
9 Взаємодія магнітного поля із твердим тілом. Вплив магнітних полів на параметри напівпровідникових приладів. Ефект Холла. Магніторезистори. Взаємодія магнітного поля з біооб'єктами.		2		2				2		4
<b>Разом за розділом 6</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>4</b>
<b>Розділ № 7 Сенсори жорсткого випромінювання</b>										
10 Детектори на основі іонізації газів. Напівпровідникові детектори.		2		2				2		2

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	В сь ог о	у тому числі								
		Лекції		ПРАКТИЧНІ				Л а б о р а н т.	І н д и в і д у а л ь н і з а н я т я	С Р С
				Семінари		Комп. практ.				
З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні					
Сцинтиляційні детектори.										
<b>Разом за розділом 7</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>2</b>
<b>Розділ № 8 Газові сенсори</b>										
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-варіаки.		<b>2</b>		<b>2</b>						<b>2</b>
<b>Разом за розділом 8</b>	<b>6</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>2</b>
<b>Розділ № 9 Сенсори фізіологічних рідин</b>										
12 Електрохімічні методи дослідження рідин. Амперометричні, потенціометричні та кондуктометричні сенсори. Сенсори глюкози, поту, сльозної рідини та сечовини. Біохімічні та імунні сенсори. Сенсори на основі ДНК.		<b>2</b>		<b>2</b>				<b>2</b>		<b>2</b>
<b>Разом за розділом 9</b>	<b>8</b>	<b>2</b>		<b>2</b>		<b>0</b>		<b>2</b>		<b>2</b>
<b>Розділ № 10 Біосенсори і біочіпи</b>										
13 Складені сенсори. Структура біосенсорів. Біомедичні наносенсори. Принципи побудови біочіпів. Електронні інтерфейси з біомедичними об'єктами.		<b>2</b>		<b>2</b>						<b>4</b>

Назви розділів і тем	Кількість годин									
	В сь о го	у тому числі								
		Лекції		ПРАКТИЧНІ				Л а б о р а н т.	І н д и в і д у а л ь н і з а н я т я	С Р С
				Семінари		Комп. практ.				
З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні	З а Н П	А у д и т о р ні					
14 Мультипараметричні сенсори «електронний ніс» та «електронний язик».		2		2						4
<b>Разом за розділом 9</b>	<b>14</b>	<b>4</b>		<b>4</b>		<b>0</b>		<b>0</b>		<b>8</b>
<i>Залік</i>	2	2								
<b><i>Всього годин</i></b>	<b>150</b>	<b>54</b>		<b>18</b>		<b>0</b>		<b>36</b>		<b>60</b>

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

#### Аудиторні заняття

№ з/п	Теми аудиторних занять	Кількість годин
1	Лекція 1. Сенсорні вимірювання <i>Заплановано:</i> Вступ. Терміни та визначення. Похибки. Класифікація сенсорів. Активні і пасивні сенсори. <i>Практичні:</i> Вимірювання в біомедицині. Пристрої обробки вимірювальних сигналів. <i>Тема СРС:</i> Роль сенсорів у біомедицині, діагностиці та медичному обладнанні	2 2
2	Лекція 2. Схеми включення сенсорів. <i>Заплановано:</i> Схеми формування сигналів пасивних сенсорів. Схеми включення активних сенсорів. <i>Практичні:</i> Мост Уінстона, генераторні схеми <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції. Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.	2 2
3	Лекція 3. Особливості біомедичних сенсорів <i>Заплановано:</i> Біофізичні сигнали. Активність об'єкту вимірювання та індивідуальна особливість. Області застосування біомедичних сенсорів. <i>Практичні:</i> Моделі та конструкції біомедичних електродів. <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції. Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.	2 2

4	<p>Лекція 4. Оптоелектронні сенсори.  <i>Заплановано:</i> Класифікація волоконно- оптичних сенсорів.  Сучасні оптоелектронні сенсори. Особливості пульсоксиметрії.  <i>Практичні:</i> Фотофольтаїчний ефект.  <i>Лабораторна робота №1.</i> Оптопарі. Дослідження пульсоксиметра.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
5	<p>Лекція 5. Сенсори температури.  <i>Заплановано:</i> Термометри опору. Термопарні сенсори. Сенсори температури на фотоефекті. Діелектричні сенсори температури.  Сенсори температури на напівпровідникових структурах.  <i>Практичні:</i> Піроелектричний ефект.  <i>Лабораторна робота №2.</i> Температурні сенсори.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
6	<p>Лекція 6. Механічні та акустичні сенсори-1  <i>Заплановано:</i> Акустичні дослідження у медицині. П'єзоелектричні ОАХ та ПАХ сенсори.  <i>Практичні:</i> Фізичні основи п'єзоелектричного ефекту  <i>Лабораторна робота №3.</i> П'єзокерамічний сенсор вібрацій.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
7	<p>Лекція 7. Механічні сенсори- 2  <i>Заплановано:</i> Реєстрація статичних та динамічних механічних напружень.  Тензорезистивні перетворювачі, використання кремнію для вимірювання деформації.  <i>Практичні:</i> Тензорезистивний ефект  <i>Лабораторна робота №4.</i> Тензорезистивний сенсор сили.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
8	<p>Лекція 8. Механічні сенсори- 3  <i>Заплановано:</i> Акселерометри. Сенсори потоку. Сенсори лінійної та кутової швидкості. Датчики тиску та їх використання у біомедицині. MEMS технології та сенсори.  <i>Практичні:</i>  <i>Лабораторна робота №5.</i> Датчики тиску у тонометрах та спірометрах.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
9	<p>Лекція 9. Сенсори магнітного поля  <i>Заплановано:</i> Взаємодія магнітного поля із твердим тілом. Вплив магнітних полів на параметри напівпровідникових приладів. Ефект Холла.  Магніторезистори.  <i>Практичні:</i> Взаємодія магнітного поля з біооб'єктами.  <i>Лабораторна робота №6.</i> Датчик Холла.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2

10	<p>Лекція 10. Сенсори жорсткого випромінювання  <i>Заплановано:</i> Детектори на основі іонізації газів. Напівпровідникові детектори. Сцинтиляційні детектори.  <i>Практичні:</i> Сцинтиляційний ефект.  <i>Лабораторна робота №7.</i> Лічильник Гейгера-Мюллера  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
11	<p>Лекція 11. Сенсори концентрації газів  <i>Заплановано:</i> Сорбційні сенсори. QCM сенсори.  Калориметричні та каталітичні методи визначення газового складу. Оптичні та ультразвукові методи визначення складу газів.  Іонно-селективні польові транзистори та МДН-варіаки.  <i>Практичні:</i> Сенсори вологості.  <i>Лабораторна робота №8.</i> Іонно-селективні польові транзистори.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
12	<p>Лекція 12. Сенсори фізіологічних рідин  <i>Заплановано:</i> Електрохімічні методи дослідження рідин.  Амперометричні, потенціометричні та кондуктометричні сенсори.  Сенсори глюкози, поту, слюзової рідини та сечовини. Біохімічні та імунні сенсори. Сенсори на основі ДНК.  <i>Практичні:</i> Сучасний стан неінвазивних глюкометрів.  <i>Лабораторна робота №9.</i> Датчик рН.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2 2
13	<p>Лекція 13. Біосенсори та біочіпи -1  <i>Заплановано:</i> Складені сенсори. Структура біосенсорів. Біомедичні наносенсори. Принципи побудови біочіпів.  <i>Практичні:</i> Електронні інтерфейси з біомедичними об'єктами.  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2 2
14	<p>Лекція 14. Біосенсори та біочіпи -2  <i>Заплановано:</i> Мультипараметричні сенсори «електронний ніс» та «електронний язик». Наносенсори у протезуванні органів почуттів.  <i>Практичні:</i> --  <i>Тема СРС:</i> Реферативний огляд інтернет-ресурсів щодо теми лекції.  Підготовка аналітичної довідки до 5 сторінок.</p>	2
<b>Разом</b>		<b>108</b>

Навчання здійснюється на основі сучасної стратегії взаємодії викладача та студента в електронному просторі з метою засвоєння студентами матеріалу та розвитку у них практичних навичок.

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни та засвоєння матеріалу використовується платформа *Google classroom* за допомогою якої:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку студентам стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;

- ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання

### Лабораторні роботи

Виконання лабораторної роботи полягає у тому, що студент практично виконав технічне завдання, зробив необхідні розрахунки і побудував графічні залежності (якщо вони передбачені). Виконання усіх передбачених навчальним планом дисципліни лабораторних робіт є обов'язковим.

Лабораторні роботи проводяться у міжфакультетській навчальній лабораторії Біомедичної мікроелектроніки «Мікроелектронні сенсорні системи» аудиторія 147 12-го корпусу (наук. керівник проф. Орлов А.Т.) створеній в результаті виконання грантового проекту Європейського Союзу ТЕМПУС – (2013-2017) «Біомедична інженерна освітня ініціатива Темпус в регіоні Східного Партнерства», № договору - 543904-TEMPUS-1-2013-1-GR-TEMPUS-JPGR .

#### Перелік лабораторних робіт за курсом:

1. *Лабораторна робота №1.* Оптопарі. Дослідження пульсоксиметра.
2. *Лабораторна робота №2.* Температурні сенсори.
3. *Лабораторна робота №3.* П'єзокерамічний сенсор вібрацій.
4. *Лабораторна робота №4.* Тензорезистивний сенсор сили.
5. *Лабораторна робота №5.* Датчики тиску у тонометрах та спірометрах.
6. *Лабораторна робота №6.* Датчик Холла.
7. *Лабораторна робота №7.* Лічильник Гейгера-Мюллера
8. *Лабораторна робота №8.* Іонно-селективні польові транзистори.
9. *Лабораторна робота №9.* Датчик рН.

Захист лабораторної роботи передбачає відповідь студента на 2...4 запитання по темі роботи. Захист усіх передбачених навчальним планом дисципліни лабораторних робіт є обов'язковим.

### **10. Самостійна робота студента**

Види самостійної роботи: підготовка до аудиторних занять здійснюється відповідно до планку дисципліни за наведеними в ньому посиланнями на платформу *Google classroom*, проведення розрахунків при виконанні РГР за первинними даними, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання модульної контрольної роботи тощо надсилається викладачу в електронному вигляді через систему *Google classroom* та в терміни часу вказаний у системі поточного оцінювання. Самостійна робота студента включає підготовку до модульної контрольної роботи.

### **11. Політика та контроль**

#### **12. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

#### **Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали:**

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Виконання практичних та лабораторних робіт	4 бали	Порушення термінів виконання практичних робіт	1 бал
Своєчасне написання МКР	0 балів	Несвоєчасне написання МКР	- 5 балів
Своєчасна здача іспиту	0 бали	Перездача іспиту	- 5 балів

#### **Відвідування занять**

Відвідування лекцій, практичних та виїзних занять не оцінюється, за відсутність на них нараховуються штрафні 0,5 бали (за умови очного або on-line навчання). Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Пропущені контрольні заходи необхідно перескласти до завершення тижня календарного контролю.

Тематичне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання не оцінюється.

---

### Календарний рубіжний контроль

Проміжний календарний контроль (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	≥ 13 балів	≥ 30 балів
	Виконання практичних робіт	+	+

### Академічна доброчесність

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### Норми етичної поведінки

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

### Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

### Дистанційне навчання (необов'язковий пункт)

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів за певною тематикою допускається за умов, викликаних зовнішніми факторами та погодженням 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 навчальній дисципліні. Може здійснюватися виставлення оцінки за контрольні заходи шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів. Можливе здійснення контрольних заходів і атестації дистанційно в онлайн режимі, за умови персональної ідентифікації студентів.

---

### Навчання іноземною мовою (необов'язковий пункт)

Використання іноземної літератури, вивчення навчального матеріалу, термінів, стандартів, документів тощо на іноземних мовах можливе при вивченні новітніх технологій, а також відео і \*.ppt демонстраціях у тих випадках, коли відсутні вітчизняні інформаційні джерела.

Англомовним групам іноземних та українських студентів можливе викладання дисципліни англійською мовою.

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

**Реферат** є поточним контрольним заходом, який охоплює практичні навички застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку інформації, навички критичного аналізу інформації, навички оформлення текстових документів згідно з правилами оформлення наукових та технічних текстів.

**Модульна контрольна робота** є поточним контрольним заходом, який охоплює практичні навички застосування біомедичної сенсоріки.

*Перелік питань, з яких формуються білети для модульної контрольної роботи:*

1. Основні поняття та класифікація сенсорів.
2. Вплив температури на електропровідність металів.
3. Вплив температури на електропровідність сплавів.
4. Металеві термометри опору.
5. Вплив температури на електропровідність напівпровідників.
6. Напівпровідникові термометри опору.
7. Правило Маттісена. Закон Нордгейма.
8. Дротові та плівкові металеві терморезистори.
9. Термістори та позистори
10. Фізична сутність ефекту Зеєбека у металах
11. Фізична сутність ефекту Зеєбека в напівпровідниках.
12. Металеві термопарні термометри.
13. Порівняння терморезистивних та термопарних сенсорів
14. Вплив природи матеріалу на характеристики фотоприймачів ІЧ-випромінювання.
15. Теплові та фотонні ІЧ-приймачі. Означення та порівняння.
16. Випромінювання нагрітого тіла. Основні закони поглинання та випромінювання.
17. Структура теплових перетворювачів.
18. Індикатори температури.
19. Теплові сенсори
20. Особливості фотонних ІЧ-приймачів
21. Особливості теплових ІЧ-приймачів
22. Сегнетоелектрики та їх застосування.
23. Ємнісні сенсори температури на основі сегнетоелектриків
24. Фізична суть піроелектричного ефекту та його застосування.
25. Піроелектричні датчики температури.
26. Термодіоди та термотранзистори

Перелік питань, з яких формуються білети для контрольної роботи №2:

27. Створення та реєстрація пружних коливань. Звук та звукові хвилі.
28. Схема акустичного вимірювального тракту
29. Види електроакустичних перетворювачів
30. Прямий та зворотній п'єзо ефекти
31. Вимоги до матеріалів для спостереження п'єзо ефекту. П'єзоматеріали.
32. Застосування акустичних досліджень в медицині
33. Ультразвукова діагностика
34. Механічні напруження та методи їх реєстрації.
35. Тензометрія та області її застосування.
36. Тензорезистивний ефект в металах та сплавах
37. Конструктивні різновиди тензорезисторів
38. Тензорезистивний ефект в напівпровідниках та напівпровідникових приладах
39. Газоаналізатори та гігрометри. Основні поняття, класифікація та області застосування.
40. Механізми сорбції газів на поверхні твердого тіла.
41. Різновиди сорбційних процесів. Адсорбція та абсорбція. Фізична та хімічна адсорбція.
42. Гравіметричний метод визначення сорбції газу.
43. Резистивні та ємнісні сенсори вологи.
44. Вплив сорбції газів на електрофізичні властивості напівпровідників.
45. Хемосорбція газу на напівпровіднику р-типу.
46. Хемосорбція газу на напівпровіднику n-типу.
47. Адсорбційні центри на поверхні твердого тіла.
48. Напівпровідникові газоаналізатори.
49. Резистивні сенсори газу.
50. Сенсори газу на основі МДН-структур, бар'єру Шоттки та гетеропереходів
51. Оптичні методи визначення складу газу
52. Теплові методи визначення складу газу
53. Калориметричні методи визначення складу газу
54. Каталітичні сенсори газу
55. Рефрактометричний метод аналізу газу.

#### **14. Система оцінювання**

Вимоги до РСО та методика її складання надані у Положенні про рейтингову систему оцінювання результатів навчання студентів / Уклад.: В. П. Головенкін. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 36 с.

**Система рейтингової оцінки за видами занять:**

№ з/п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів на "відмінно"
1.	Лекції: відвідування конспектування	18	2	36
		1	12	12
2.	Лабораторні роботи: своєчасне виконання захист	5	2	10
		5	2	10
3.	Модульні контрольні роботи	2	10	20
4.	Реферат: своєчасне виконання та захист	1	12	12
Семестрові бали		100		

## Семестрова атестація студентів

Обов'язкова умова допуску заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг та реферат	RD $\geq$ 35
2	Написання модульної контрольної роботи	RD $\geq$ 15
	Всього	RD $\geq$ 50

### Додаткові умови допуску до заліку:

(окрім обов'язкових умов можна вказати додаткові та/або необов'язкові умови допуску до екзамену/заліку).

- Немає.

Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою<sup>2</sup>

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки «автоматом»
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно	-
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо	-
RD < 60	Незадовільно	-
Невиконання умов допуску	Не допущено	-

<sup>2</sup> Оцінювання результатів навчання здійснюється за рейтинговою системою оцінювання відповідно до рекомендацій Методичної ради КПІ ім. Ігоря Сікорського, ухвалених протоколом №7 від 29.03.2018 року.

### 15. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- можливе зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою;
- інша інформація для студентів/аспірантів щодо особливостей опанування навчальної дисципліни.

Професор кафедри мікроелектроніки Орлов А.Т. був координатором проекту Європейського Союзу TEMPUS – (2013-2017) «Біомедична інженерна освітня ініціатива Темпус в регіоні Східного Партнерства», № договору - 543904-TEMPUS-1-2013-1-GR-TEMPUS-JPGR. Він є

членом Організаційних комітетів Міжнародних конференцій IEEE «ELNANO (Електроніка та нанотехнології)» та IFMBE (International Conference Health Technology Management) (Молдова) та редколегії фахового журналу «Біомедична інженерія і технологія».

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** професор кафедри МЕ, к.т.н., проф., Анатолій ОРЛОВ

**Ухвалено** кафедрою мікроелектроніки ФЕЛ (протокол № 19 від 15.06.2022 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/22-1 від 30.06.2022 р.)