Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Проректор з науково-педагогічної роботи

_____ Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

"__" _____ 20 21 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Технологія мікробіосенсорів
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти другий(магістерський)
/
галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка
(шифр і назва)
освітня програма Фізична та біомедична електроніка
(шифр і назва)
спеціалізація _____
(шифр і назва)
вид дисципліни вибіркова
(обов'язкова / за вибором)
факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем

2020/ 2021 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету
Радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем.

22 січня 2021 року, протокол №1.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ: Нардід Олег Анатолійович, д.б.н., професор, професор кафедри фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій

Програму схвалено на засіданні кафедри
фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій

Протокол від " 19 " січня 2020 року № 11

Завідувач кафедри Фізичної і біомедичної електроніки та комплексних інформаційних технологій

_____ Сергій БЕРДНИК

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Фізична та біомедична електроніка»

Гарант освітньої програми «Фізична та біомедична електроніка»

_____ Микола МУСТЕЦОВ

Програму погоджено методичною комісією факультету
Радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем
Протокол № 1 від « 20 » січня 2021 року
Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем _____ Леонід ЧОРНОГОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Технологія мікробіосенсорів” складена відповідно до освітньої (освітньо-наукової) програми підготовки
другий(магістерський)
(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка
освітня програма «Фізична та біомедична електроніка»

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни є ознайомлення студентів із сучасними науковими і технологічними засадами створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є формування у студентів знань про основні типи мініатюрних електрохімічних біосенсорів, принципи і технології їх виготовлення.

Загальні компетентності

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

Фахові компетентності

1. Здатність користуватися сучасними системами пошуку та аналізу науково-технічної інформації, проводити патентний пошук і дослідження та здійснювати захист інтелектуальної власності. (СК-6)

1.3. Кількість кредитів - 4

1.4. Загальна кількість годин - 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
не передбачено	год.
Лабораторні заняття	
не передбачено.	год.
Самостійна робота	
88 год.	год.
Індивідуальні завдання	
не передбачено	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання:

знати основні типи існуючих мініатюрних електрохімічних біосенсорів і сучасні досягнення в їх розробці і технології;

вміти

- визначати основні класи біосенсорів, використовувати теоретичні підходи і сучасні технології створення біосенсорів;
- з глибоким розумінням мети практично застосовувати біологічні знання як наукову основу окремих галузей сучасного виробництва;
- вільно використовувати понятєво-категоріальний апарат прикладних напрямків у біології й медицині;
- використовувати знання в соціально-економічній сфері;
- представляти отримані знання у вигляді рефератів, доповідей, презентацій.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Електрохімічні біосенсори: основні класи, теоретичні підходи, сучасні технології створення

Тема 1. Теоретичні основи та сучасні технології створення амперметричних біосенсорів

Основні електрохімічні принципи. Типи електродів і варіанти підключень. Сучасні матеріали і технології виготовлення амперметричних перетворювачів.

Тема 2. Теоретичні підходи та сучасні технології створення кондуктометричних біосенсорів

Теоретичні основи кондуктометричного методу вимірювань. Перетворювачі для кондуктометричних біосенсорів. Кондуктометричний метод у ферментному каталізі. Кондуктометричні ферментні біосенсори.

Тема 3. Потенціометричні біосенсори на основі іоноселективних польових транзисторів

Технологія створення ІСПТ. Схеми вимірювань для роботи з ІСПТ. Ферментні біосенсори на основі ІСПТ

Розділ 2. Технологічні та методологічні основи розробки електрохімічних перетворювачів

Тема 1. Кондуктометричні перетворювачі на основі планарної технології

Моделювання фізико-хімічних процесів еквівалентними електронними схемами. Конструкція тонко плівчастих гребінчастих перетворювачів. Експериментальна установка для імпедансних вимірювань та методика їх проведення. Зміна характеристик перетворювачів під час зберігання. Залежність характеристик перетворювачів від типу матеріалу, розмірів та геометрії електродів. Схема експериментальної установки для роботи з біосенсорами на основі кондуктометричних гребінчастих планарних електродів.

Тема 2. Амперметричні перетворювачі

Визначення показникыв стабільності і чутливості амперметричних перетворювачів. Залежність характеристик перетворювачів від типу матеріалу, розмірів та геометрії електродів. Порівняльні характеристики роботи різних амперметричних перетворювачів. Оптимізація ультрамікроелектродів на основі вуглецевого волокна.

Тема 3. Потенціометричні перетворювачі на основі pH-чутливих польових транзисторів

Система електроліт-діелектрик-напівпровідник. pH-чутливість різних діелектричних шарів. Конструкція потенціометричного перетворювача на основі pH-чутливих польових

транзисторів. Порівняльні характеристики. Схема потенціометричної установки для роботи з біосенсорами основі pH-чутливих польових транзисторів.

Розділ 3. Біоселективні елементи електрохімічних сенсорів: принципи роботи, вибір перетворювача, іммобілізація, оптимізація аналітичних характеристик

Тема 1. Електрохімічні біосенсори на основі глюкозооксидази

Вибір ферменту й методу іммобілізації. Прототипи глюкозних електрохімічних біосенсорів. Оптимізація роботи глюкозних біосенсорів. Стабільність роботи глюкозних електрохімічних біосенсорів.

Тема 2. Електрохімічні біосенсори для визначення сахарози

Біосенсири для визначення сахарози та варіанти їх застосування. Біосенсор на основі кондуктометричних планарних електродів для визначення сахарози.

Тема 3. Використання низької температури для довгострокового зберігання біосенсорів на основі глюкозооксидази

Вплив заморожування-відігріву на трансдьюсери. Вплив низької температури на фермент. Технологія довгострокового зберігання біосенсорів на основі глюкозооксидази.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Електрохімічні біосенсори: основні класи, теоретичні підходи, сучасні технології створення												
Тема 1. Теоретичні основи та сучасні технології створення амперометричних біосенсорів	14	4				10						
Тема 2. Теоретичні підходи та сучасні технології створення кондуктометри-них біосенсорів	15	4				11						
Тема 3. Потенціометричні біосенсори на основі іоноселективних польових транзисторів	12	3				9						
Разом за розділом 1	41	11				30						

Розділ 2. Технологічні та методологічні основи розробки електрохімічних перетворювачів												
Тема 1. Кондуктометрині перетворю-вачі на основі пла-нарної технології	13	3				10						
Тема 2. Амперометричні перетворювачі	12	3				9						
Тема 3. Потенціо-метричні перство-рювачі на основі pH-чутливих польових транзисторів	14	4				10						
Разом за розділом 2	39	10				29						
Розділ 3. Біоселективні елементи електрохімічних сенсорів: принципи роботи, вибір перетворювача, іммобілізація, оптимізація аналітичних характеристик												
Тема 1**.** Електрохі-мічні біосенсори на основі глюкозооксидази	14	4				10						
Тема 2 Електрохі-мічні біосенсори для визначення сахарози	12	3				9						
Тема 3. Використан-ня низької температури для довгострокового зберігання біосенсорів на основі глюкозооксидази	14	4				10						
Разом за розділом 3	40	11				29						
	120	32				88						

4. Теми лабораторних занять

Не передбачено

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин	Форми контролю
Розділ 1. Електрохімічні біосенсори: основні класи, теоретичні підходи, сучасні технології створення			
Тема 1. Теоретичні основи та сучасні технології створення амперметричних біосенсорів			
1.	Основне рівняння електрохімічної кінетики.	5	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, екзамен
2.	Типова циклічна вольтамперограма відновлення і фізико-хімічні процеси, які вона характеризує.	5	
Тема 2 Теоретичні підходи та сучасні технології створення кондуктометричних біосенсорів			
3	Аналіз електрохімічного імпедансу системи метал – розчин.	4	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, контрольна робота, екзамен
4	Електропровідність розчинів.	4	
5	Кондуктометричні схеми вимірювань	3	
Тема 3. Потенціометричні біосенсори на основі іоноселективних польових транзисторів			
6	Принципи роботи іон селективних польових транзисторів.	3	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, контроль розв’язування ситуаційних задач, контрольна робота, екзамен
7	Основні технології, які застосовують при створенні ІСПТ.	3	
8	Схеми вимірювань при роботі з іон селективними польовими транзисторами.	3	
Разом за розділом 1		***30***	
Розділ 2. Технологічні та методологічні основи розробки електрохімічних перетворювачів			
Тема 1 Кондуктометричні перетворювачі на основі планарної технології			
9	Еквівалентна схема, що моделює фізико-хімічні процеси в електрохімічній комірці з кондуктометричним біосенсором.	5	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, контрольна робота, екзамен
10	Залежність характеристик кондуктометричних перетворювачів від типу матеріалу, та розміру електродів.	5	
Тема 2. Амперметричні перетворювачі			
11	Залежність відгуку амперметричного сенсора від характеристичних розмірів гребінчастих електродів	4	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, екзамен
12	Порівняльні характеристики роботи різних амперметричних перетворювачів.	5	
Тема 3. Потенціометричні перетворювачі на основі pH-чутливих польових транзисторів			
13	Загальна структурна схема pH-чутливого польового транзистора	5	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, контрольна робота, екзамен
14	Схема експериментальної потенціометричної установки для роботи з біосенсорами на основі pH-чутливих польових транзисторів	5	

Разом за розділом 2		***29***	
Розділ 3 Біоселективні елементи електрохімічних сенсорів: принципи роботи, вибір перетворювача, іммобілізація, оптимізація аналітичних характеристик			
Тема 1. Електрохімічні біосенсори на основі глюкозооксидази			
15	Залежність відгуки глюкозооксидазних біосенсорів від буферної ємності розчину	5	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, екзамен
16	Методи оптимізації роботи глюкозних електрохімічних біосенсорів.	5	
Тема 2. Електрохімічні біосенсори для визначення сахарози			
17	Особливості мультиензимних біосенсорів	4	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, контрольна робота, екзамен
18	Особливості розробки ферментного біосенсора на основі кондуктометричних планарних електродів для визначення сахарози. Приклади використання сахарозних біосенсорів на практиці.	5	
Тема 3. Використання низької температури для довгострокового зберігання біосенсорів на основі глюкозооксидази			
19	Характер пошкоджень, які спостерігаються при глибокому заморожуванні трансдьюсерів електрохімічних біосенсорів.	3	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, контроль розв’язування ситуаційних задач, контрольна робота, екзамен
20	Механізми кріопошкоджень ферментних систем на етапах кріоконсервування.	3	
21	Основна суть технології довгострокового зберігання ферментних електрохімічних біосенсорів.	4	
Разом за розділом 3		***29***	
	Усього	**88**	

6. Індивідуальні завдання

Не передбачено.

7. Методи контролю

Самоконтроль здійснюється студентами при виконанні завдань для самопідготовки та самоконтролю по кожному розділу курсу.

Поточний контроль. Контроль знань студентів включає поточне експрес-опитування, семестрова теоретична письмова контрольна робота, тестові завдання, рішення ситуаційних задач:

- **усне опитування:** здійснюється перед та під час лекції з метою контролю засвоєння теоретичних положень
- **диктант з загальних термінів, понять та деяких теоретичних положень курсу:** проводиться у формі експрес-контролю та слугує для перевірки засвоєння студентами певних теоретичних положень курсу;
- **тестування:** проводиться у формі експрес-контролю за тестовими завданнями: слугує для контролю за самостійною роботою студентів;
- **розв’язування ситуаційних задач:** призначено для контролю здатності узагальнювати знання, набуті під час вивчення відповідної теми, розділу курсу, для

контролю здатності трактування параметрів, що характеризують функціональний стан біосенсорних систем, їх окремих елементів;

– **контрольна робота:** передбачає письмову відповідь на поставлені теоретичні питання з використанням відповідної термінологіїї, з урахуванням типу, методів застосування та окремих елементів біосенсорних систем;

Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі екзамену і передбачає письмову відповідь на поставлені питання.

8. Схема нарахування балів

Приклад для підсумкового семестрового контролю

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання													
Розділ 1			Розділ 2			Розділ 3			Контроль на робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом	Екзамен	Сума
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9					100
5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	5	60	40	

Т1, Т2 ... – теми розділів.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно
70 - 89	добре
50 - 69	задовільно
1 - 49	незадовільно

Максимальна кількість балів, які може набрати здобувач вищої освіти за виконання завдань 1 розділу «Електрохімічні біосенсори: основні класи, теоретичні підходи, сучасні технології створення» складає 20 балів.

Максимальна кількість балів, які може набрати здобувач вищої освіти за виконання завдань розділу 2 «Технологічні та методологічні основи розробки електрохімічних перетворювачів» складає 20 балів.

Максимальна кількість балів, які може набрати здобувач за виконання завдань розділу 3 «Біоселективні елементи електрохімічних сенсорів: принципи роботи, вибір перетворювача, іммобілізація, оптимізація аналітичних характеристик» складає 20 балів.

Мінімальна кількість балів, які повинен набрати здобувач вищої освіти для зарахування окремих розділів складає 10 балів за кожний розділ. До підсумкового семестрового контролю здобувач вищої освіти допускається, якщо за результатами виконання усіх завдань курсу він набрав не менше 30 балів.

Схема нарахування балів за контрольну роботу

Контрольна робота оцінюється за шкалою від 0 до 10 балів.

Студент відповідає на 3 теоретичні питання тем розділу курсу.

Вичерпна відповідь на кожне завдання зараховується як 5 балів. Часткова відповідь на кожне питання знижує максимальну оцінку з 5 балів до меншої кількості балів пропорційно тому, яку частину від повної відповіді на це питання містить виконана робота студента, або пропорційно кількості суттєвих помилок у роботі студента.

5 балів – вичерпна та повна відповідь.

4 бали – відповідь правильна та містить усю необхідну інформацію, логічно побудована, але є неточності та/або упущення;

3 бали – відповідь задовільна, містить правильну інформацію, але не має пояснень, ілюстрацій, студент не може аргументувати (прокоментувати) свою думку та навести приклади.

2 бали – студент виявляє поверхневі, загальні знання без аналізу змісту питання, хоча загальний напрямок роздумів правильний.

1 бал – відповідь містить поодинокі елементи правильної інформації.

0 балів – відповідь неправильна або відсутня.

$$\textbf{Кількість балів за контрольну роботу (округлені до більшого цілого числа)} = \frac{\text{Сума балів за всі виконані завдання контрольної роботи}}{\text{Кількість завдань (3)}} \textbf{ x2}$$

Схема нарахування балів за тему розділів курсу

Тема. оцінюється за шкалою від 0 до 10 балів

$$\textbf{Кількість балів за Тему (округлені до більшого цілого числа)} = \frac{\text{Сума балів за всі лабораторні роботи за темою курсу}}{\textbf{\textit{Кількість лабораторних робіт за темою курсу}}} + \frac{\text{Сума балів за всі виконані завдання за темою курсу}}{\text{Кількість завдань за темою курсу}} \textbf{ x 2}$$

Критерії оцінки успішності студентів при семестровому контролі та виконанні письмових робіт

Оцінку «відмінно» (5 балів – за завдання; 90-100 балів за курс у цілому) отримує студент, якщо він:

− міцно засвоїв зміст навчальної дисципліни, наукових першоджерел і рекомендованої літератури;

− вміє повністю, глибоко і всебічно розкрити зміст матеріалу, поставленого завдання чи проблеми; комплексно вирішувати поставлені завдання чи проблему; правильно застосовує одержані знання з різних дисциплін для вирішення завдань чи проблем; послідовно і логічно викладає матеріал;

− висловлює обґрунтоване власне ставлення до тих чи інших проблем;

− чітко розуміє зміст і вільно володіє спеціальною термінологією; встановлює взаємозв'язок основних понять;

− грамотно ілюструє відповіді прикладами;

− вільно використовує набуті теоретичні знання для аналізу практичного матеріалу; демонструє високий рівень набутих практичних навичок.

Допускається декілька неточностей у викладенні матеріалу, які не приводять до помилкових висновків і рішень.

Оцінку «добре» (4 бали – за завдання; 70-89 балів за курс у цілому) отримує студент, якщо він:

− добре засвоїв основний зміст навчальної дисципліни, основні ідеї наукових першоджерел і рекомендованої літератури;

− аргументовано, правильно та послідовно розкриває основний зміст матеріалу;

− висловлює власні міркування з приводу тих чи інших проблем;

− точно використовує термінологію;

− має практичні навички з аналізу матеріалу.

Допускається декілька неточностей у використанні спеціальної термінології, похибок у логіці викладу теоретичного змісту або аналізу практичного матеріалу, несуттєвих та не грубих помилок у висновках та узагальненнях, що не впливають на конкретний зміст відповіді. Наявні неточності та помилки враховуються при визначенні оцінки за 100-бальною шкалою та відповідної літери В або С.

Оцінку «задовільно» (3 бали – за завдання; 50-69 балів за курс у цілому) студент отримує, якщо:

− у відповіді суть запитання в цілому розкрита, але зміст питання викладено частково; студент невпевнено орієнтується у змісті наукових першоджерел та рекомендованої літератури;

− матеріал викладений не завжди послідовно, висновки не ув'язані між собою;

− не вміє обґрунтовано оцінювати факти та явища, пов'язувати їх з майбутньою професійною діяльністю;

− при викладенні матеріалу, поясненні термінології та вирішенні практичних питань зроблені суттєві помилки.

Оцінку «незадовільно» (менше 50 балів) студент отримує, якщо:

− основний зміст завдання не розкрито; студент майже не орієнтується у наукових першоджерелах та рекомендованій літературі; не знає наукових фактів та визначень;

− допущені суттєві помилки у висновках;

− студент слабо володіє спеціальною термінологією;

− наукове мислення та практичні навички майже не сформовані.

9. Рекомендована література

Основна література

1. Биотехнические системы. Теория и проектирование: Учеб. пособие/ В.М. Ахутин, Е.П. Попечителев, А.П. Немирко и др.; Под ред. В.М. Ахутина. Л. : изд-во ЛГУ, 1981.

2. Биосенсоры: основы и приложения / Под ред. Э. Тернера, И. Карубе, Дж. Уилсона. М.: Мир, 1992.- 615с.

3. С.В. Дзядевич, О.П. Солдаткін. Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів. Київ, Наукова думка, 2006.- 256с.

4. Kell D.B., Davey C.L. Conductimetric and impediometric devices / Biosensors. A practical approach. Ed. By A.F. Gass.-Oxford, IRL Press, 1990.-P. 125-153.

Допоміжна література

5. Камман К. Работа с ионселективными електродами.-М.: Мир, 1980.- 283 с
6. Феттер К. Электрохимическая кинетикаю- М.: Химия, 1967.- 855 с.
7. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия. - М.: Высш. шк., 1984.- 519 с.
8. Дзядевич С.В. Биосенсоры на основе ион-селективных полевых транзисторов: теория технология, практика // Биополимеры и клетка.-2004.-**20**, №1-2.- С. 7-16.
9. Грищенко В.І., Нардід О.А., Розанова К.Д., Щецинський М.І., Науменко Є.Й., Дзядевич С.В. Низькотемпературна стабілізація глюкозооксидази в складі біологічного сенсора // Біополімери і клітина.-2006.-**22**, №3.- С. 236-242.
10. Дослідження у галузі сенсорних систем та технологій // Збірник наукових праць з комплексної програми фундаментальних досліджень НАН Україні.-Київ, 2006.

10. Посиланная на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

11. Будников Г.К. Биосенсоры как новый тип аналитических устройств // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 12. С. 26–32.
12. Варфоломеев С.Д. Биосенсоры // Соросовский образовательный журнал / 1997. № 1. С. 45–49.
13. Евгеньев М.И. Тест-методы и экология // Соросовский образовательный журнал. 1999. № 11. С. 29–34.