



БІОЛОГІЧНІ ТА ХІМІЧНІ СЕНСОРНІ СИСТЕМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>162 «Біотехнології та біоінженерія»</i>
Освітня програма	<i>«Біотехнології»</i>
Статус дисципліни	<i>обов'язковий</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, / осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит/ МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>0,5 год лекції/тиждень, 0,5 год семінарського заняття / тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.х.н., професор, Кузьмінський Є.В., kuzminskyy.yevgeniy@iit.kpi.ua, @Kuzminskyi (телеграм)</i> Семінарські: <i>к.т.н., доцент, Щурська Катерина Олександрівна, shchurska.kateryna@iit.kpi.ua, телеграм @shchurska</i>
Розміщення курсу	Код курсу хаувhqд на https://classroom.google.com/

Програма навчальної дисципліни

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

Опис дисципліни. Сучасна екологічна ситуація, яка спричинена передусім посиленням антропогенного пресу на біосферу, потребує розробки чіткої, об'єктивної та науково-обґрунтованої системи екологічного моніторингу. Для проведення екологічного дослідження необхідно швидко визначати хімічну природу та склад речовин-забруднювачів, що можна забезпечити за застосування сенсорів (датчиків), які є селективними для певного виду забруднювачів. Процедура тестування може розглядатися як технологія контролю забруднень навколишнього середовища або антропогенних впливів на довкілля, що здійснюється за участю як хімічних, так і біологічних сенсорних систем.

Дисципліна викладається в 1 семестрі. Курс призначений ознайомити студентів з хімічними та біологічними сенсорними системами, які є датчиками на певні речовини і використовуються для виявлення та аналізу речовин в діагностичних цілях та при здійсненні моніторингу забрудненості довкілля

Мета навчальної дисципліни. Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей до проведення досліджень на відповідному рівні (аналіз різних середовищ за використання сенсорних технологій).

Програмні результати навчання.

ФК6. Здатність планувати і виконувати експериментальні роботи в галузі біотехнології з використанням сучасних обладнання та методів, інтерпретувати отримані дані на основі сукупності сучасних знань та уявлень про об'єкт і предмет дослідження, робити обґрунтовані висновки.

ФК 17. Здатність використовувати методи молекулярної біоінженерії для модифікації біологічних агентів.

ПРН 9. Вміти розробляти, обґрунтовувати та застосовувати методи та засоби захисту людини та навколишнього середовища від небезпечних факторів техногенного та біологічного походження.

ПРН 10. Упроваджувати найбільш ефективні біотехнологічні методи та прийоми у практичну виробничу діяльність на основі оцінки ефективності передових біотехнологій та врахування загальних тенденцій розвитку новітніх біотехнологій у провідних країнах.

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

Пререквізити: мати базові знання з біотехнології та хімії, рівень володіння англійською мовою не нижче А2.

Постреквізити: отримані результати навчання є підґрунтям для подальшого проходження науково-дослідної практики та виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ

Тема 1.1. Характеристика сенсорики як міждисциплінарної області

Розділ 2. Електрохімічне підґрунтя сенсорних технологій

Тема 2.1. Іоніка. Біоелектрохімія

Тема 2.2. Електродика. Біопаливні елементи

Розділ 3. Хімічні сенсорні системи

Тема 3.1. Характеристика хімічних сенсорних систем

Розділ 4. Біологічні сенсорні системи

Тема 4.1. Загальна характеристика біосенсорних систем

Тема 4.2. Ферментні сенсорні системи

Тема 4.3. Матеріали і технології виготовлення амперометричних перетворювачів

Тема 4.4. Клітинні біосенсори. Мультисенсорні системи.

Тема 4.5. Комерційні варіанти систем на основі біосенсорів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

5.1 Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Розділ 1. Вступ

	<p>Тема 1.1. Характеристика сенсорики як міждисциплінарної області Історія питання. Інвестиції в розвиток біосенсорів. Нанотехнології. Біоелектрохімічне підґрунтя сенсорики. Предмет та зміст електрохімії. Хімічний та електрохімічний потенціали. Види електрохімічних систем та їх складові. Біоелектрохімія. Література: 1, 2 СРС: Можливості застосування наноматеріалів в біоелектрохімічних дослідженнях. Процеси самоорганізації в біології. Література: 1, 2</p>
2	<p>Розділ 2. Електрохімічне підґрунтя сенсорних технологій Тема 2.1. Іоніка. Іоніка. Електролітична дисоціація. Ступінь, константа дисоціації, закон розведення Оствальда. Активність електроліту, іонна сила розчину, закон Дебая-Гікеля. Іонні властивості водних розчинів електролітів. Кондуктометрія. Роль електролітів в процесах життєдіяльності.</p>
3	<p>Тема 2.2. Електродика. Біопаливний елемент Електродний процес та потенціал. Закон Фарадея. Рівняння Нернста. Електроди порівняння. Обладнання для електрохімічних досліджень. Нанобіоелектрохімія. Біоелектрохімічні процеси та електрорушійна сила МПЕ. Активаційні втрати, втрати на електричний опір, концентраційні та метаболічні втрати в МПЕ. Література: 1 – 4. СРС: Електрохімічні аспекти генерування електричного струму в біопаливних елементах та біосенсорах. Література: 9 - 14.</p>
4	<p>Розділ 3. Хімічні сенсорні системи Тема 3.1. Характеристика хімічних сенсорних систем Визначення понять. Класифікація та принцип дії хімічних сенсорів: оптичні, масочутливі, теплочутливі, електрохімічні та сенсори на польових транзисторах. Електроди, що застосовуються в електрохімічних сенсорних системах: першого та другого роду, газові, інертні металеві. Конструкції оптичних сенсорів та принцип їх роботи. Іонселективні електроди. Комерційні варіанти систем на основі хімічних сенсорів. Література: 1-3 СРС: ДСТУ 2603-94 Аналізатори газів для контролю викидів промислових підприємств. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. Література: 4. 1(д)</p>
5	<p>Розділ 4. Біологічні сенсорні системи Тема 4.1. Загальна характеристика біосенсорних систем Визначення понять. Фізичні трансдюсери. Біоселективний розпізнавальний елемент. Сучасні методи і основні принципи іммобілізації ферментів та клітин. Різні принципи роботи біосенсорів. Класифікація біосенсорів.</p>
6	<p>Тема 4.2. Ферментні сенсорні системи Електрохімічні біосенсори. Безмедіаторні амперометричні біосенсори. Медіаторні амперометричні біосенсори.</p>
7	<p>Тема 4.3. Матеріали і технології виготовлення амперометричних перетворювачів Амперометричні сенсори, основані на прямому перенесенні електронів. Афінні біосенсори. Типи електродів і варіанти підключень, що використовуються в амперометрії. Сучасні матеріали і технології виготовлення амперометричних перетворювачів. Розробка лабораторного прототипу амперометричного ферментного біосенсора для визначення гліцерину. Переваги біосенсорів. Сфери застосування біосенсорів. Література: 1, 2, 5.</p>

	СРС: Дослідження ферментативних реакцій, що використовуються в медіаторних біосенсорах. Застосування амперометричних біосенсорів в медицині. Література: 2, 8
8	Тема 4.4. Клітинні біосенсори. Мультисенсорні системи. Біосенсори на основі мікроорганізмів. Біосенсори на основі рослинних і тваринних тканин. Генерація електричного струму мікроорганізмами. Перспективи розвитку сенсорів на основі клітин бактерій. Мультисенсорні системи. Мультифункціональне використання ферментів в біосенсорах. Проблеми створення мультисенсорів. Портативні системи (прилади) для роботи з мультибіосенсорами. Література: 2, 3 СРС: Перспективи використання мультисенсорних систем. Перспективи розроблення і використання мініатюрних біосенсорів. Література: 3, 6, 7.
9	Тема 4.5. Комерційні варіанти систем на основі біосенсорів Сфери застосування біосенсорів. Аналізатори для клінічної діагностики. Портативні аналізатори для використання в домашніх умовах. Системи для in vivo моніторингу в клінічних умовах. Аналізатори для харчової промисловості, біотехнологічного виробництва і екологічного моніторингу. Аналізатори для контролю процесу виробництва та якості продуктів. Аналізатори для екологічного моніторингу. Основні тенденції розвитку сенсорних технологій. Література: 2, 6, 7. СРС: Сучасні проблеми і основні тенденції розвитку сенсорних технологій. Література: 2.

5.2 Семінарські заняття

Метою практичних занять даного курсу є поглиблення і закріплення знань студентів із біологічних та хімічних сенсорних систем, набутих під час лекцій та у процесі вивчення навчальної інформації, що виноситься на самостійного опрацювання.

№ з/п	Назва практичного заняття	Кількість ауд. годин
1.	Кондуктометричні сенсори: розрахунок електропровідності розчинів. <i>Література: 1, 2.</i>	2
2.	Оптичні хімічні сенсори: закон Бугера-Ламберта-Бера, розрахунок коефіцієнта поглинання. <i>Література: 1, 2</i>	2
3.	Потенціометричні сенсори: рівняння Нернста, розрахунок електродних потенціалів електродів. <i>Література: 1, 2, 15, 16.</i>	2
4.	Ферментні сенсори: рівняння Міхаеліса-Ментен <i>Література: 1, 2, 8.</i>	2
5.	Ферментні сенсори: розрахунок швидкості біохімічної реакції на електроді, вплив інгібіторів на швидкість реакції. <i>Література: 1, 2, 8.</i>	2
6.	Електрохімічні біосенсори на основі ферментів глюкозооксидази, холінестераз.	2

	<i>Література: 1, 2.</i>	
7.	Електрохімічні біосенсори на основі ферментів уреазі, тирозинази, алкогольоксидази. <i>Література: 1, 2.</i>	2
8.	Електрохімічні біосенсори на основі клітин зелених мікроводоростей <i>Chlorella Vulgaris</i> . <i>Література: 1, 2.</i>	2
9.	МКР	2

5.3 Самостійна робота студента

Для самостійної роботи студента передбачено 114 год. Для очної (денної)/дистанційної форми пропонується такий розподіл годин за темами і видами робіт:

- 1) На підготовку до іспиту 30 год.
- 2) На підготовку до МКР 4 год.
- 3) На виконання РГР 15 год.
- 4) На підготовку до виступу на семінарському занятті 5 год.
- 5) На підготовку до лекційних занять згідно таблиці:

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1.	Оптичні хімічні сенсори; сенсори на основі волоконної оптики. <i>Література: 1, 2.</i>	7
2.	Полярографія <i>Література: 1, 2.</i>	7
3.	Можливості застосування наноматеріалів в біоелектрохімічних дослідженнях. Процеси самоорганізації в біології <i>Література: 1, 2.</i>	7
4.	Електрохімічний потенціал як показник біологічної рівноваги. Електрика в житті тварин і рослин <i>Література: 1, 2.</i>	7
5.	Дослідження модифікованих електродів електрохімічними методами: вольтамперометрія, імпульсна полярографія тощо <i>Література: 1, 2.</i>	7
6.	Методи кондиціонування мембран в іон селективних електродах. <i>Література: 1, 2.</i>	7
7.	ДСТУ 2603-94 Аналізатори газів для контролю викидів промислових підприємств. Загальні технічні вимоги та методи випробувань <i>Література: 1 (д)</i>	7
8.	Експериментальне визначення провідності <i>Література: 1, 2.</i>	6
9.	Дослідження ферментативних реакцій, що використовуються в медіаторних біосенсорах <i>Література: 1, 2.</i>	7

Політика та контроль

6 Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом; використовує клас на платформі G suite for education для викладання матеріалу поточної лекції, додаткової інформації, методичних вказівок до виконання завдань та інше;
- написання модульної контрольної роботи відбувається на семінарському занятті без застосування допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.);
- оформлена РГР здається не пізніше ніж за 1 тиждень до кінця семестра.

Неприйнятними у навчальній діяльності для студентів є:

1) Плагіат – навмисне чи усвідомлене оприлюднення (опублікування), повністю або частково, чужого твору (тексту або ідей) під іменем особи, яка не є автором цього твору, без належного оформлення посилань.

2) Шахрайство, а саме:

- фальсифікація або фабрикація інформації, наукових результатів та наступне використання їх в академічній роботі;
- підробка підписів в документах (заликових книжках, протоколах лабораторних, рефератах);
- використання під час контрольних заходів заборонених допоміжних матеріалів або технічних засобів (шпаргалки, мікронавушники, телефони, планшети тощо);
- посилання на літературні джерела, які не було використано в роботі;
- списування при складанні будь-якого виду контролю;
- проходження процедур контролю знань підставними особами.

3) Несанкціонована співпраця, а саме:

- надання допомоги для здійснення акту академічної нечесності – навмисна чи усвідомлена допомога або спроба допомоги іншому вчинити акт академічної нечесності;
- придбання в інших осіб чи організацій з наступним поданням як власних результатів навчальної та наукової діяльності (звітів, рефератів, контрольних).

4) Пропонування чи отримання неправомірної винагороди при оцінюванні результатів успішності, виконання навчальних чи дослідницьких завдань.

5) Використання родинних або службових зв'язків для отримання позитивної або вищої оцінки при складанні будь-якого виду підсумкового контролю або переваг у роботі.

7 Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: написання МКР, виступ на семінарському занятті, виконання РГР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: іспит.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання РГР та написання МКР.

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

- 1) написання МКР;
- 2) виступ на семінарському занятті;
- 3) виконання РГР.

7.1. Критерії нарахування балів:

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість занять	Сума балів
-------	--------------	-----	------------------	------------

1.	Доповідь на семінарському занятті		1	10
	- ваговий бал r_k	10		
	- якість виконання	0-10		
2.	Модульна контрольна робота		1	30
	-ваговий бал r_k	30		
	- якість виконання	0-30		
3.	РГР		1	10
	- ваговий бал r_k	10		
	- якість виконання	0-10		

Заохочувальні бали

№ п/п	Вид роботи	Бал	Кількість	Сума балів
1.	Виступ на конференції за тематикою дисципліни	5	1	5

Штрафні бали

№ п/п		Бал
1.	Несвоєчасна здача РГР	-1/тиждень
2.	Порушення дисципліни на заняттях	-0,5

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 10 + 30 + 10 = 50 \text{ балів.}$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 50% від R, а саме

$$R_e = R_c \cdot 0,5 / 0,5 = 50 \text{ балів.}$$

Рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_c + R_e = 100$ балів.

Необхідною умовою для допуску до екзамену є зарахування РГР та модульної контрольної роботи.

Білет містить 5 запитань по 10 балів кожне.

Якість складання іспиту:

повна розкрита відповідь	- 10 балів;
неповна відповідь	- 8 – 9 балів;
помилка в завданні	- 6 – 7 балів;
робота не зарахована	- 0 – 5 балів.

Загальний рейтинг:

Рейтинг	Традиційна оцінка
$95 < R < 100$	відмінно

$85 < R < 94$	дуже добре
$75 \leq R < 84$	добре
$65 \leq R < 74$	задовільно
$60 < R < 64$	достатньо
$R < 60$	незадовільно

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професор кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, д.х.н., професор, Кузьмінський Євгеній Васильович

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № ___ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № __ від _____)