



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 інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>162 «Біотехнології та біоінженерія»</i>
Освітня програма	<i>«Біотехнології»</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>заочна</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>10 год лекцій, 8 год семінарські заняття</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.б.н., с.н.с. Гринюк Ірина Іванівна</i>
Розміщення курсу	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. І, перш за все, в різних напрямках біотехнології, медичної практики, охорони навколишнього середовища тощо надзвичайно важлива роль таких хімічних, біологічних і імунологічних аналізів. Ці аналізи повинні бути простими, доступними і недорогими. Для їх проведення необхідні інструментальні електронні пристрої, що володіють відповідними характеристиками. Такими пристроями і є біосенсори, принцип роботи яких полягає в наступному. Для аналізу використовуються біологічні матеріали: ферменти, антитіла, рецептори клітин або клітини, які розміщуються на спеціальній фізичній поверхні. При взаємодії біоматеріалу з аналітичним розчином виникає біохімічний сигнал, який перетворюється в електричний і фіксується на моніторі комп'ютера. Весь складний процес займає кілька хвилин.

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). Метою є не тільки традиційне засвоєння окремих теоретичних положень і практичних умінь та навичок, а й розвиток у студентів здібностей до

аналізу, узагальнень, поглибленого та ефективного використання у практичній діяльності отриманих знань з біосенсорики.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі вищої освіти повинні засвоїти компетентності, якими повинен оволодіти здобувач:

Програмні компетентності

ФК 6. 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 10. Здатність застосовувати проблемно-орієнтовані методи аналізу та оптимізації біотехнологічних процесів, управління виробництвом, мати навички практичного впровадження наукових розробок.

ФК 13. Здатність проектувати та організовувати біотехнологічні процеси природоохоронного призначення

Програмні результати навчання

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.

ПРН 17. Оцінювати, аналізувати та обирати варіанти рішень з управління складними біотехнологічними процесами з урахуванням цілей, обмежень, прогнозів та ризиків.

ПРН 19. Уміти використовувати молекулярно-біологічні технології для створення та аналізу нових біологічних агентів.

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

Пререквізити: мати базові знання з біотехнології, біохімії та хімії, основ інженерії, 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. ХІМІЧНІ СЕНСОРНІ СИСТЕМИ

Тема 2.1. Характеристика хімічних сенсорних систем

Розділ 3. БІОЛОГІЧНІ СЕНСОРНІ СИСТЕМИ

Тема 3.1. Загальна характеристика біосенсорних систем

Тема 3.2. Ферментні сенсорні системи

Тема 3.3. Матеріали і технології виготовлення амперометричних перетворювачів

Тема 3.4. Клітинні біосенсори. Мультисенсорні системи

Тема 3.5. Біоселективні елементи біосенсорів на основі біоміметиків.

Тема 3.6. Комерційні варіанти систем на основі біосенсорів

Розділ 4. Наносенсори.

4. Навчальні матеріали і ресурси

Базова література:

1. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О., Голуб Н.Б. Біологічні та хімічні сенсорні системи. І. Електрохімічне підґрунтя сенсорних технологій: Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6051401 «Біотехнологія», гриф «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ» від 17.11.2011, пр. № 3, свід-во НМУ № Е 11/12 – 065», Київ, «НТУУ «КПІ», 2011, 202 стор., Електронні текстові дані (1 файл: 5,75 Мбайт). Назва з екрана <http://library.kpi.ua:8080/handle/123456789/1644>.

2. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Біологічні та хімічні сенсорні системи. II. Поняття, визначення та основи сенсорики: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6051401 «Біотехнологія», гриф «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ» від 15.11.2012, пр. № 3, свід-во НМУ № Е 12/13 – 049», Київ, « НТУУ «КПІ», 2012, 241 стор. Електронні текстові дані (1 файл: 11.14 Мбайт). Назва з екрана <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/2487>.
3. Чвірук В.П., Поляков С.Г., Герасименко Ю.С. Електрохімічний моніторинг техногенних середовищ. К.: Академперіодика. -2007.- 321с.
4. Дзядевич С.В., Солдаткін О.П, Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів. / Київ: Наукова думка, 2006.- 256 с.
5. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Біоелектрохімічні основи біоенергетики: Навчальний посібник для студентів напряму підготовки 051401 «Біотехнологія», гриф «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ» від 17.01.2013, пр. № 5, свід-во НМУ № Е 12/13 – 072», Київ, « НТУУ «КПІ», 2013, 480 стор. Електронні текстові дані (1 файл: 9.72 Мбайт). Назва з екрана <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/3548>

Допоміжна література:

6. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Проблемні питання екобіотехнології та біоенергетики Підручник для студентів ВНЗ спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» (гриф надано Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського; протокол № 5 від 14.05.2018р.), Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 75 с.
7. Войтович І.Д., Корсунський В.М., Інтелектуальні сенсори / Київ: Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова, 2007. – 514 с.
8. ДСТУ 2603-94 Аналізатори газів для контролю викидів промислових підприємств. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. Держстандарт України.
9. Encyclopedia of Sensors, Ed. C.A.Grimes, E.C.Dickey, M.V.Pishko, American Scientific Publisher, California, USA, 2006, V. 7, P.331-339.
10. Sergeyeva T., Piletska O., Piletsky S., Rationally designed molecularly imprinted polymer membranes as antibody and enzyme mimics in analytical biotechnology. BBA Advances, V. 3, 2023, ISSN 2667-1603, <https://doi.org/10.1016/j.bbadv.2022.100070>.
11. Huang X., Zhu Y., Kianfar E., Nano Biosensors: Properties, applications and electrochemical techniques, Journal of Materials Research and Technology, V. 12, 2021, P. 1649-1672, ISSN 2238-7854, <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.03.048>.
12. He L., Eastburn M., Smirk J., Zhao H. Smart Chemical Sensor and Biosensor Networks for Healthcare 4.0. Sensors. 2023; 23(12):5754. <https://doi.org/10.3390/s23125754>. URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/12/5754>.
13. Сергеева Т. А., Ельська Г. В. Біосенсори. З'єднання живого з неживим. Science and Science of Science, 2016, № 3. С. 60 – 70. <http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/132282/05-Sergeyeva.pdf?sequence=1>
14. Дзядевич С. В. Амперометричні ферментні біосенсори / С. В. Дзядевич // Biotechnologia Acta. - 2008. - Т. 1, № 1. - С. 46-60. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot_2008_1_1_7 http://koldog.univ.kiev.ua/sites/default/files/Biotechnology_08_1_P46-60_1.pdf

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 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
2	Розділ 3. Біологічні сенсорні системи 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. Література: 2.
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.
4	Біоселективні елементи біосенсорів на основі біоміметиків. Принцип молекулярного імпринтингу. Ковалентний та нековалентний молекулярний імпринтинг. Створення сенсорів на основі біоміметиків, приклади пристроїв. Література: 10, 13.
5	Розділ 4. Наносенсори. Хімічні сенсори на основі наноматеріалів. Сенсори на основі наночастинок металів. Сенсори на основі квантових точок. Сенсори на основі нанодротів. Вдосконалення біосенсорів за допомогою різних наноматеріалів. Біонаносенсори. Вуглецеві наноматеріали для створення біосенсорів. Література: 2, 11.

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 самостійне опрацювання.

№ з/п	Назва практичного заняття	Кількість ауд. годин
1.	Ферментні сенсори: розрахунок швидкості біохімічної реакції на електроді, вплив інгібіторів на швидкість реакції. Електрохімічні біосенсори на основі ферментів глюкозооксидази, холінестерази, уреаз, тирозинази, алкогольоксидази. <i>Література: 1, 2.</i>	2
2.	Використання біосенсорів у медицині. Наносенсори. Хімічні сенсори на основі наноматеріалів. Нанобіосенсори. Використання біосенсорів для контролю забруднення навколишнього середовища. <i>Література: 1, 2.</i>	2
3.	Біоселективні елементи біосенсорів на основі біоміметиків. Принцип молекулярного імпринтингу. Ковалентний та нековалентний молекулярний імпринтинг. Створення сенсорів на основі біоміметиків, приклади пристроїв, робочі характеристики, принципи роботи. <i>Література: 10, 13.</i>	2
4.	МКР, залік	2

6. Самостійна робота студента

Для самостійної роботи студента передбачено 132 год. Для заочної форми пропонується таких 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 лекційних занять 10 год.
- 5) На підготовку до семінарських занять 12 год.
- 6) Самостійне вивчення певних тем, перелік яких наводиться нижче (61 година).

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Хімічні сенсорні системи Тема 2.1. 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. <i>Література: 1.</i>	8
2	Кондуктометричні сенсори: розрахунок електропровідності розчинів. Оптичні хімічні сенсори: закон Бугера-Ламберта-Бера, розрахунок коефіцієнта поглинання. <i>Література: 1, 2.</i>	10
3	Потенціометричні сенсори: рівняння Нернста, розрахунок електродних потенціалів електродів. <i>Література: 1, 2.</i>	5
4	Ферментні сенсорні системи Електрохімічні біосенсори. Безмедіаторні амперометричні біосенсори. Медіаторні амперометричні біосенсори. Ферментні сенсори: рівняння Міхаеліса-Ментен. Методи іммобілізація біологічного матеріалу на поверхню біосенсорів <i>Література: 2, 14.</i>	10
5	Клітинні біосенсори. Мультисенсорні системи. Біосенсори на основі рослинних і тваринних тканин. Біосенсори на основі мікроорганізмів. 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 мультібіосенсорами. <i>Література: 2, 4.</i>	8
6	Електрохімічні біосенсори на основі клітин зелених мікроводоростей <i>Chlorella Vulgaris</i> . <i>Література: 1, 2.</i>	5
7	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	15

	<p>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.</p> <p><i>Література: 1, 12.</i></p>	
--	--	--

Політика та контроль

7. 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 2 тижня до кінця семестру.

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;
 - підписка 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.

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

Поточний контроль: написання МКР, виступ на семінарському занятті, виконання РГР. Детальніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни. (Додаток 1).

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

Семестровий контроль: іспит. Детальніша інформація щодо проведення та оцінювання наведена в PCO з дисципліни.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання РГР, доповідь на семінарському занятті, та написання МКР.

Рейтингова система оцінки успішності студентів
з дисципліни “Біологічні та хімічні сенсорні системи ” для спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія
Факультету біотехнології і біотехніки
(другий рівень магістр, денна форма навчання)

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом

Сем естр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кре дити	Акад. год.	Лекції	Семінарські	Лаб. Роботи	СРС	МКР	РГР	Семес. атестац.
1	5	150	10	8	-	132	1	1	Іспит

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

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

Критерії нарахування балів:

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість занять	Сума балів
1.	*Доповідь на семінарському занятті		1	20
	- ваговий бал r_k	20		
	- якість виконання	0-20		
2.	**Модульна контрольна робота		1	20
	-ваговий бал r_k	20		
	- якість виконання	0-20		
3.	***РГР		1	10
	- ваговий бал r_k	10		
	- якість виконання	0-10		

***Якість виконання доповіді:**

детальна доповідь з повним розкриттям теми, презентацією, повні розкриті відповіді на всі поставленні запитання -19 -20 балів;
неповне розкриття теми, неповні відповіді на деякі запитання -15 – 18 балів;
суттєві помилки в роботі, неповні відповіді на всі запитання або відсутність відповідей на деякі з них 12- - 14 балів;
робота не зарахована 0 - 11 балів

****МКР містить 5 запитань, кожне з яких оцінюється в 4 бали:**

повна розкрита відповідь 4 бали;
неповна відповідь 3 бали;
помилка в завданні 2,5 бали;
робота не зарахована 0 – 2 бали.

***** Якість виконання РГР:**

РГР складається з трьох завдань, два з яких оцінюється в 3,5 бали і одне в 3 бали.
повна розкрита відповідь на всі завдання 9,5 -10 балів ;

помилка в одному завданні, або неповна відповідь в двох завданнях,
недоліки в оформленні роботи 8-9 балів ;
помилка в двох завдань або неповна відповідь в 3 завданнях - 6-7 балів;
робота не зарахована - 0 – 5 балів.

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

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 доцентом кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, к.б.н., с.н.с. Гринюк Іриною Іванівною.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 18 від 25.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету біотехнології і біотехніки (протокол № 11 від 26.06.2023 р.)

Перелік питань до МКР.

1. Дайте визначення і охарактеризуйте такі поняття як хімічний сенсор, хімічно селективний розпізнавальний елемент, трансдюсер
2. Які фундаментальні явища лежать в основі дії оптичних хімічних сенсорів?
3. Дайте визначення і охарактеризуйте абсорбцію, відбиття і люмінесценцію як фундаментальні явища, що лежать в основі дії оптичних хімічних сенсорів.
4. Дайте визначення і охарактеризуйте люмінесценцію і фотолюмінесценцію як фундаментальні явища, що лежать в основі дії оптичних хімічних сенсорів.
5. Наведіть і охарактеризуйте рівняння об'єднаного закону Бугера-Ламберта-Бера, в тім числі і в інтегральній формі, за яким обчислюється потужність світлового випромінювання на виході сенсорної комірки в присутності і при відсутності досліджуваної речовини.
6. Будова і принцип роботи оптичних хімічних сенсорів.
7. Поясніть принцип роботи інтегрально-оптичних хімічних датчиків абсорбційного типу.
8. Наведіть найбільш важливі переваги оптичних хімічних сенсорів.
9. Що таке іоноселективний польовий транзистор?
10. Виконайте термодинамічний аналіз іоноселективного польового транзистора.
11. Наведіть і охарактеризуйте типи іоноселективних мембран, які застосовують в іоноселективних польових транзисторах.
12. Охарактеризуйте твердотільні іонселективні мембрани.
13. Охарактеризуйте гетерогенні та полімерні іонселективні мембрани.
14. Виконайте порівняльний аналіз рН електродів на основі іоноселективних польових транзисторів та скляних електродів.
15. Охарактеризуйте електричні напівпровідникові хімічні сенсори (ХС) на основі оксидів металів та п'єзоелектричні ХС.
16. Поясніть використання принципу п'єзо ефекту для формування сигналу сенсора.
17. Дайте визначення і характеристику біосенсорам органів чуття.
18. Дайте визначення рецепторам і охарактеризуйте сенсорні системи живих організмів.
19. Розкрийте зміст сенсорного перетворення зовнішнього сигналу в живих організмах - сенсорної трансдукції.
20. Наведіть і поясніть схему основних шляхів сенсорної трансдукції за участю внутрішньоклітинних посередників.
21. Дайте визначення біологічному сенсору як технічному аналітичному пристрою.
22. Наведіть і поясніть схему устрою біосенсора.
23. Наведіть і охарактеризуйте типи біокомпонентів біоселективних розпізнавальних елементів і фізичних перетворювачів (трансдюсерів) біосенсорів.
24. Дайте визначення і характеристику біоселективному розпізнавальному елементу.
25. Поясніть, що собою представляє фізичний перетворювач – трансдюсер.
26. Охарактеризуйте різні функціональні підходи організації біосенсорів.
27. Наведіть і охарактеризуйте основні способи іммобілізації ферментів та клітин як біологічних розпізнавальних елементів.
28. Наведіть і поясніть принципову схему дії біосенсора.
29. Виконайте аналіз класифікації біосенсорів за функціональним принципом.
30. Наведіть наявні класифікації біосенсорів за розмірами, за умовами використання та за поширеністю поділу біосенсорів на класи і живаністю.
31. Які ви знаєте типи електродів і варіанти підключень, що використовуються в амперометричних біосенсорах?
32. Зобразіть основні схеми підключення амперометричного біосенсора.
33. Які Ви можете назвати найбільш поширені електроди порівняння, що використовуються для електрохімічних вимірювань у водних середовищах.
34. В чому суть електрохімічного підґрунтя амперометричного методу вимірювань?
35. Дайте визначення таким поняттям як електродний процес, електроактивні речовини, фарадеєвські та нефарадеєвські процеси, концентраційна та електрохімічна поляризація

36. Наведіть і дайте аналіз основного рівняння електрохімічної кінетики як співвідношення між питомою силою струму та прикладеною до межі поділу електрод/електроліт різницею потенціалів.
37. Коротко охарактеризуйте електрохімічні методи, що найбільш широко використовуються в біосенсоріці: циклічну вольтамперометрію, потенціометрію, амперометрію, полярографія.
38. Перерахуйте причини, які перешкоджали широкому застосуванню ферментів в біосенсоріці.
39. Дайте визначення ферментам як ефективним біологічним каталізаторам.
40. В чому полягала ідея Кларка і що собою представляє ферментний електрод Кларка?
41. Перерахуйте і охарактеризуйте способи іммобілізації ферментів в біосенсорах.
42. Наведіть класифікацію і охарактеризуйте технології, що використовуються при виготовленні амперометричних перетворювачів.
43. Перерахуйте матеріали, які найчастіше використовуються при виготовленні індикаторного (робочого) електрода біосенсора.
44. Виконайте аналіз науково – дослідного етапу розроблення ферментних біосенсорів.
45. Дайте визначення і охарактеризуйте безмедіаторні амперометричні біосенсори.
46. Наведіть і поясніть ферментативні реакції за участю оксидаз, які мають місце в безмедіаторних амперометричних біосенсорах.
47. Поясніть загальний механізм роботи безмедіаторного амперометричного біосенсора, що ґрунтується на визначенні кисню та пероксиду водню.
48. Наведіть і поясніть ферментативні реакції за участю дегідрогеназ, які мають місце в безмедіаторних амперометричних біосенсорах.
49. Які Ви знаєте мультиферментні системи, що застосовуються в безмедіаторних амперометричних біосенсорах?
50. Наведіть і поясніть схему глюкозного безмедіаторного амперометричного біосенсора та принцип його роботи.
51. В чому полягають переваги, обмеження та можливі шляхи вдосконалення безмедіаторного амперометричного біосенсора, заснованого на кисневому електроді Кларка?
52. Надайте порівняльну характеристику амперометричного безмедіаторного методу по відношенню до інших існуючих способів визначення концентрації глюкози, лактози та сахарози.
53. У чому полягає принцип молекулярного імпринтингу?
54. Охарактеризуйте поняття ковалентного та нековалентного молекулярного імпринтингу.
55. Створення сенсорів на основі біоміметиків, приклади пристроїв, робочі характеристики, принципи роботи.

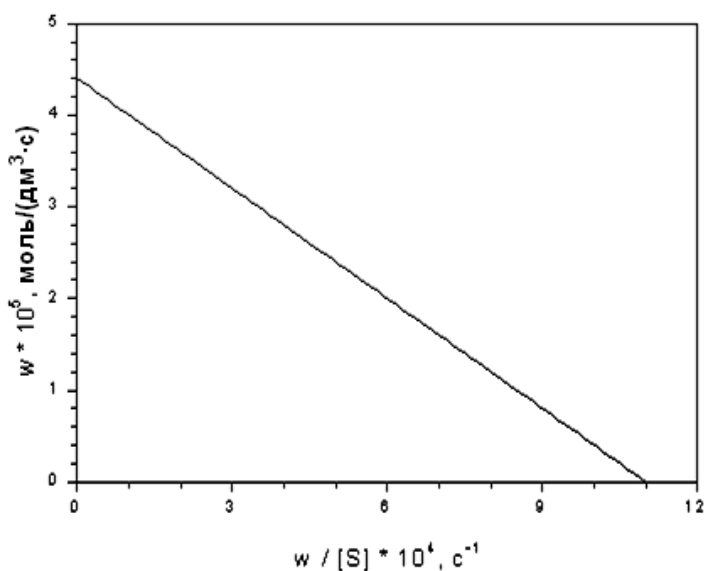
Перелік питань для доповідей на семінарському занятті.

1. Історія розвитку та становлення хімічних сенсорів як самостійного розділу аналітики.
2. Використання сенсорних технологій в медицині.
3. Біосенсори: стан та перспективи наукових досліджень.
4. Стан розвитку сенсоріки в Україні.
5. Іонселективні електроди в аналізі природних і промислових об'єктів
6. Електрохімічні сенсори на основі іонофорів.
7. Іонселективні електроди: історія розробки, класифікація, сфери застосування.
8. Електронний язик – системи хімічних сенсорів для аналізу водних середовищ.
9. Хімічні сенсори для аналізу газових середовищ.
10. Хімічні сенсори на основі нанотрубок.
11. Електрохімічні біосенсори на основі клітин зелених мікродоростей *Chlorella Vulgaris*.
12. Біосенсори на основі тканин рослин: розробка, особливості, сфери застосування.
13. Біосенсори на основі тканин тварин: розробка, особливості, сфери застосування.
14. Біосенсори для визначення сечової кислоти.
15. Фактори, що впливають на характеристики сенсорів.
16. Біосенсори з аміак-чутливими електродами: розробка, особливості, сфери застосування.

17. Сенсори для визначення глюкози, етанолу у крові людини.
18. Застосування сенсорних технологій у харчовій промисловості.
19. Хімічні та біологічні сенсори для визначення пестицидів.
20. Способи іммобілізації ферментів та клітин в біосенсорах.
21. Біосенсори на основі гідролаз.
22. Електрохімічні біосенсори на основі пероксидази хрому.
23. Біосенсори для визначення концентрацій стероїдних глікоалкалоїдів.
24. Біосенсори для детекції сульфоароматичних і фенольних сполук.
25. Електрохімічні біосенсори на основі холінестерази для діагностики забруднення навколишнього середовища.
26. Використання люмінесцуючих мікроорганізмів для біотестування мінеральних вод.
27. Амперометричні ДНК- сенсори для визначення важких металів та фармпрепаратів.
28. Біоелектрокаталітичне визначення похідних фенолу і пероксидних сполук.
29. Біосенсори для визначення концентрації сечової кислоти.
30. Триферментні біосенсори для визначення концентрації сахарози.
31. Біферментні біосенсори для визначення концентрації глюкози на основі пероксидази та глюкозооксидази.
32. Методи іммобілізації ферментів на електрод сенсорів.
33. БСК біосенсори.
34. Біоселективні елементи біосенсорів на основі біоміметиків.
35. Нанобіосенсори.

Приклади типових задач для РГР.

Знайдіть константу Міхаеліса і максимальну швидкість каталітичного розкладання гідроперекису тетраліну за такими кінетичним даним:



Визначити концентрацію іонів міді у розчині, якщо рівноважний потенціал мідного електрода в розчині CuSO_4 при температурі 25°C дорівнює $0,281 \text{ В}$ ($E^0_{\text{Cu}} = 0,34 \text{ В}$).

Для певної ферментативної реакції константа Міхаеліса дорівнює $0,035 \text{ моль} / \text{л}$. Швидкість реакції при концентрації субстрату $0,110 \text{ моль} / \text{л}$ дорівнює $1,15 \cdot 10^{-3} \text{ моль} / (\text{дм}^3 \cdot \text{с})$. Знайдіть максимальну швидкість цієї реакції.

Розрахувати потенціал мідного електроду в розчині, який містить $3,2 \text{ г CuSO}_4$ в 500 мл розчину при 25°C . Ступінь дисоціації солі у розчині складає 60% .

Початкова швидкість окиснення сукцинату натрію в фумарат натрію під дією ферменту сукциноксидази була виміряна для ряду значень концентрацій субстрату:

[S], моль/ дм ³	0,01	0,002	0,001	0,0005	0,00033
W·10 ⁶ , моль/(дм ³ ·с)	1,17	0,99	0,79	0,62	0,50

Визначте константу Міхаеліса даної реакції.

Визначити при t=250C рівноважний окисно-відновний потенціал платинового електрода у розчині, що містить цитохром f₃₊ і цитохром f₂₊. Концентрація цитохрому f₃₊ в 5 разів більше, ніж цитохрому f₂₊. Окисно-відновна рівновага на платиновому електроді:

цитохром f₃₊(Fe³⁺)+e⁻ → цитохром f₂₊ (Fe²⁺). E₀=0,365 В

Початкова швидкість виділення O₂ при дії ферменту на субстрат була виміряна для ряду значень концентрацій субстрату:

[S], моль/ дм ³	0,050	0,017	0,010	0,005	0,002
w, мм ³ /хв	16,6	12,4	10,1	6,6	3,3

Визначте константу Міхаеліса даної реакції.

Визначити величину рівноважного потенціалу срібного електрода в 0,5 М розчині AgNO₃ (E₀Ag = 0,8 В).

Визначити концентрацію іонів міді у розчині, якщо рівноважний потенціал мідного електрода в розчині CuSO₄ при температурі 20°C дорівнює 0,2 В (E₀Cu = 0,34 В).

Для певної ферментативної реакції константа Міхаеліса дорівнює 0,025 моль / л. Швидкість реакції при концентрації субстрату 0,10 моль / л дорівнює 1,01·10⁻³ моль / (дм³·с). Знайдіть максимальну швидкість цієї реакції.

Визначити при t=298 К рівноважний окисно-відновний потенціал платинового електрода у розчині, що містить цитохром f₃₊ і цитохром f₂₊. Концентрація цитохрому f₃₊ в 10 разів більше, ніж цитохрому f₂₊. Окисно-відновна рівновага на платиновому електроді:

цитохром f₃₊(Fe³⁺)+e⁻ → цитохром f₂₊ (Fe²⁺). E₀=0,365 В

Початкова швидкість окиснення сукцинату натрію в фумарат натрію під дією ферменту сукциноксидази була виміряна для ряду значень концентрацій субстрату:

[S], моль/ дм ³	0,01	0,002	0,001	0,0005	0,00033
W·10 ⁶ , моль/(дм ³ ·с)	1,17	0,99	0,79	0,62	0,50

Визначте константу Міхаеліса даної реакції.

Розрахувати потенціал мідного електрода в розчині, який містить 3,2 г CuSO₄ в 600 мл розчину при 25°C. Ступінь дисоціації солі у розчині складає 55%.

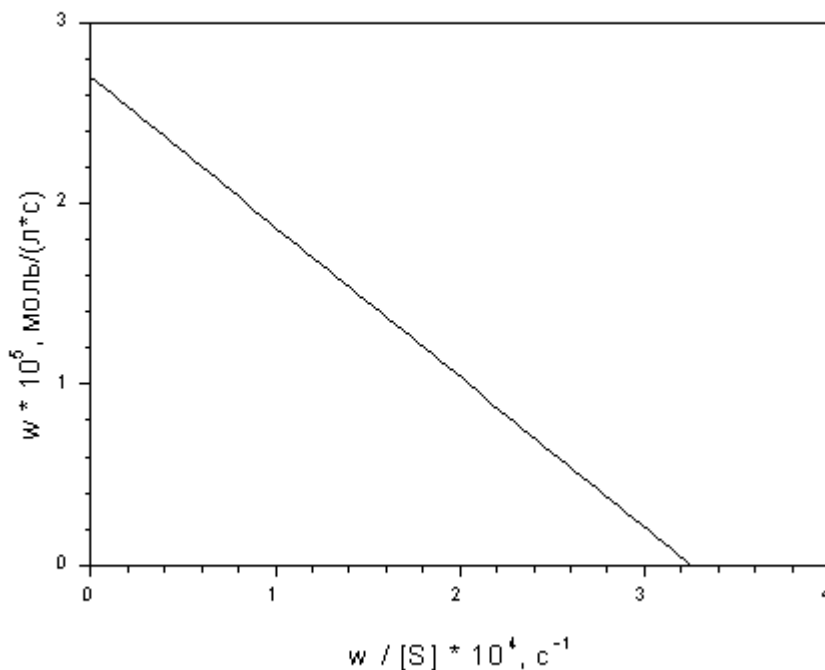
Початкова швидкість виділення O₂ при дії ферменту на субстрат була виміряна для ряду значень концентрацій субстрату:

[S], моль/ дм ³	0,050	0,017	0,010	0,005	0,002
w, мм ³ /хв	16,6	12,4	10,1	6,6	3,3

Визначте константу Міхаеліса даної реакції.

Визначити величину рівноважного потенціалу срібного електрода в 0,1 М розчині AgNO₃ (E₀Ag = 0,8 В).

Знайдіть константу Міхаеліса і максимальну швидкість каталітичного окислення циклогексен трет-бутилпероксидом за наступними кінетичними даними



Визначити концентрацію іонів міді у розчині, якщо рівноважний потенціал мідного електрода в розчині CuSO_4 при температурі 20°C дорівнює $0,1\text{ В}$ ($E_{0\text{Cu}} = 0,34\text{ В}$).

Для певної ферментативної реакції константа Міхаеліса дорівнює $0,03\text{ моль / л}$. Швидкість реакції при концентрації субстрату $0,15\text{ моль / л}$ дорівнює $1,01 \cdot 10^{-3}\text{ моль / (дм}^3 \cdot \text{с)}$. Знайдіть максимальну швидкість цієї реакції.

Визначити при $t=298\text{ К}$ рівноважний окисно-відновний потенціал платинового електрода у розчині, що містить цитохром f_{3+} і цитохром f_{2+} . Концентрація цитохрому f_{3+} в 100 разів більше, ніж цитохрому f_{2+} . Окисно-відновна рівновага на платиновому електроді:
цитохром $f_{3+}(\text{Fe}^{3+}) + e^- \rightarrow$ цитохром $f_{2+}(\text{Fe}^{2+})$. $E_0 = 0,365\text{ В}$

Початкова швидкість окиснення сукцинату натрію в фумарат натрію під дією ферменту сукциноксидази була виміряна для ряду значень концентрацій субстрату:

[S], моль/ дм ³	0,01	0,001	0,0005
$W \cdot 10^6$, моль/(дм ³ ·с)	1,17	0,79	0,62

Визначте константу Міхаеліса даної реакції.

Розрахувати потенціал мідного електрода в розчині, який містить $3,2\text{ г CuSO}_4$ в 600 мл розчину при 25°C . Ступінь дисоціації солі у розчині складає 55% .

Початкова швидкість виділення O_2 при дії ферменту на субстрат була виміряна для ряду значень концентрацій субстрату:

[S], моль/ дм ³	0,050	0,017	0,010	0,005	0,002
w , мм ³ / хв	16,6	12,4	10,1	6,6	3,3

Визначте константу Міхаеліса даної реакції.

Визначити величину рівноважного потенціалу срібного електрода в $0,1\text{ М}$ розчині AgNO_3 ($E_{0\text{Ag}} = 0,8\text{ В}$).

Запитання до іспиту

1. Охарактеризуйте міждисциплінарний статус сенсорики.
2. Наведіть головні етапи розвитку та становлення хімічних сенсорів як самостійного розділу аналітики.
3. Наведіть і охарактеризуйте явища, ефекти і види перетворення енергії, які можуть бути використані для побудови сенсорів.
4. Наведіть різні принципи класифікації хімічних сенсорів і охарактеризуйте найбільш поширену у вигляді схеми.
5. Коротко охарактеризуйте будову і принцип роботи хімічних сенсорів.
6. Дайте визначення і охарактеризуйте такі поняття як хімічний сенсор, хімічно селективний розпізнавальний елемент, трансдьюсер.
7. Наведіть і охарактеризуйте загальну схему функціонування хімічного сенсора.
8. Які основні вимоги щодо якості, надійності та технологічності пред'являються до сучасних хімічних сенсорів.
9. Що таке потенціометричні електрохімічні сенсори і на якому виді електродів вони ґрунтуються?
10. Дайте визначення іонселективного електрода та охарактеризуйте іонселективні електроди з твердими мембранами.
11. Які типи мембран використовуються в потенціометричних сенсорах?
12. На яких принципах заснована дія амперометричних електрохімічних сенсорів? Охарактеризуйте метод вольтамперометрії.
13. Охарактеризуйте кулонометричні та кондуктометричні електрохімічні сенсори.
14. Які два види оптичних сенсорів ви знаєте?
15. На яких принципах заснована дія оптичних сенсорів в залежності від їх типу?
16. Наведіть і охарактеризуйте загальну схему функціонування оборотного волоконно-оптичного сенсора.
17. Поясніть залежність оптичного діапазону і відповідно аналітичних можливостей оптрודה від матеріалу світловода.
18. Які фундаментальні явища лежать в основі дії оптичних хімічних сенсорів?
19. Дайте визначення і охарактеризуйте абсорбцію, відбиття і люмінесценцію як фундаментальні явища, що лежать в основі дії оптичних хімічних сенсорів.
20. Дайте визначення і охарактеризуйте люмінесценцію і фотолюмінесценцію як фундаментальні явища, що лежать в основі дії оптичних хімічних сенсорів.
21. Наведіть і охарактеризуйте рівняння об'єднаного закону Бугера-Ламберта-Бера, в тім числі і в інтегральній формі, за яким обчислюється потужність світлового випромінювання на виході сенсорної комірки в присутності і при відсутності досліджуваної речовини.
22. Будова і принцип роботи оптичних хімічних сенсорів.
23. Поясніть принцип роботи інтегрально-оптичних хімічних датчиків абсорбційного типу.
24. Наведіть найбільш важливі переваги оптичних хімічних сенсорів.
25. Поясніть -- у який спосіб польовий транзистор з діелектричним затвором можна трансформувати в електричний сенсор на польовому транзисторі?
26. Наведіть принципову схему електричного сенсора на польовому транзисторі і охарактеризуйте її складові.
27. Наведіть і охарактеризуйте загальні рівняння для електричного сенсора на польовому транзисторі (ЕСПТ) в розчині, які описують вольт-амперні характеристики ЕСПТ.
28. Що таке іоноселективний польовий транзистор?
29. Виконайте термодинамічний аналіз іоноселективного польового транзистора.
30. Наведіть і охарактеризуйте типи іоноселективних мембран, які застосовують в іоноселективних польових транзисторах.
31. Охарактеризуйте твердотільні іонселективні мембрани.
32. Охарактеризуйте гетерогенні та полімерні іонселективні мембрани.
33. Виконайте порівняльний аналіз рН електродів на основі іоноселективних польових транзисторів та скляних електродів.

24. Охарактеризуйте електричні напівпровідникові хімічні сенсори (ХС) на основі оксидів металів та п'єзоелектричні ХС.
25. Поясніть використання принципу п'єзоєфекту для формування сигналу сенсора.
26. Дайте визначення і характеристику біосенсорам органів чуття.
27. Дайте визначення рецепторам і охарактеризуйте сенсорні системи живих організмів.
28. Розкрийте зміст сенсорного перетворення зовнішнього сигналу в живих організмах -- сенсорної трансдукції.
29. Наведіть і поясніть схему основних шляхів сенсорної трансдукції за участю внутрішньоклітинних посередників.
30. Дайте визначення біологічному сенсору як технічному аналітичному пристрою.
31. Наведіть і поясніть схему устрою біосенсора.
32. Наведіть і охарактеризуйте типи біокомпонентів біоселективних розпізнавальних елементів і фізичних перетворювачів (трансдюсерів) біосенсорів.
33. Дайте визначення і характеристику біоселективному розпізнавальному елементу.
34. Поясніть, що собою представляє фізичний перетворювач – трансдюсер.
35. Охарактеризуйте різні функціональні підходи організації біосенсорів.
36. Наведіть і охарактеризуйте основні способи іммобілізації ферментів та клітин як біологічних розпізнавальних елементів.
37. Наведіть і поясніть принципову схему дії біосенсора.
38. Виконайте аналіз класифікації біосенсорів за функціональним принципом.
39. Наведіть наявні класифікації біосенсорів за розмірами, за умовами використання та за поширеністю поділу біосенсорів на класи і вживаністю.
40. Які ви знаєте типи електродів і варіанти підключень, що використовуються в амперометричних біосенсорах?
41. Зобразіть основні схеми підключення амперометричного біосенсора.
42. Які Ви можете назвати найбільш поширені електроди порівняння, що використовуються для електрохімічних вимірювань у водних середовищах.
43. В чому суть електрохімічного підґрунтя амперометричного методу вимірювань?
44. Дайте визначення таким поняттям як електродний процес, електроактивні речовини, фарадеевські та нефарадеевські процеси, концентраційна та електрохімічна поляризація
45. Наведіть і дайте аналіз основного рівняння електрохімічної кінетики як співвідношення між питомою силою струму та прикладеною до межі поділу електрод/електроліт різницею потенціалів.
46. Коротко охарактеризуйте електрохімічні методи, що найбільш широко використовуються в біосенсориці: циклічну вольтамперометрію, потенціометрію, амперометрію, полярографія.
47. Перерахуйте причини, які перешкождали широкому застосуванню ферментів в біосенсориці.
48. Дайте визначення ферментам як ефективним біологічним каталізаторам.
49. В чому полягала ідея Кларка і що собою представляє ферментний електрод Кларка?
50. Перерахуйте і охарактеризуйте способи іммобілізації ферментів в біосенсорах.
51. Наведіть класифікацію і охарактеризуйте технології, що використовуються при виготовленні амперометричних перетворювачів.
52. Перерахуйте матеріали, які найчастіше використовуються при виготовленні індикаторного (робочого) електрода біосенсора.
53. Виконайте аналіз науково – дослідного етапу розроблення ферментних біосенсорів.
54. Дайте визначення і охарактеризуйте безмедіаторні амперометричні біосенсори.
55. Наведіть і поясніть ферментативні реакції за участю оксидаз, які мають місце в безмедіаторних амперометричних біосенсорах.
56. Поясніть загальний механізм роботи безмедіаторного амперометричного біосенсора, що ґрунтується на визначенні кисню та пероксиду водню.
57. Наведіть і поясніть ферментативні реакції за участю дегідрогеназ, які мають місце в безмедіаторних амперометричних біосенсорах.
58. Що Вам відомо про мультиферментні системи, що застосовуються в безмедіаторних амперометричних біосенсорах?

59. Наведіть і поясніть схему глюкозного безмедіаторного амперметричного біосенсора та принцип його роботи.
60. В чому полягають переваги, обмеження та можливі шляхи вдосконалення безмедіаторного амперметричного біосенсора, заснованого на кисневому електроді Кларка?
61. Надайте порівняльну характеристику амперметричного безмедіаторного методу по відношенню до інших існуючих способів визначення концентрації глюкози, лактози та сахарози.
62. Опишіть конструкцію вуглецевого безмедіаторного амперметричного наносенсора з ферментною плівкою та інтегрованим Ag/AgCl шаром.
63. Дайте визначення і охарактеризуйте медіаторні амперометричні біосенсори.
64. Що таке медіатор?
65. Поясніть, у чому суть медіаторного механізму транспорту електрона для забезпечення електрохімічних ферментативних реакцій?
66. Які основні вимоги пред'являються до медіаторів, що забезпечують роботу біосенсорів?
67. Наведіть і поясніть схему генерації сигналу в медіаторному амперометричному біосенсорі.
68. Наведіть приклади медіаторних амперометричних біосенсорів.
69. В чому полягають переваги, обмеження та можливі шляхи вдосконалення медіаторного амперметричного біосенсора?
70. Дайте визначення і охарактеризуйте амперометричні біосенсори з прямим перенесенням електронів між активним центром ферменту і електродом.
71. Надайте порівняльний аналіз можливих механізмів перенесення електрона між активним центром ферменту і електродом.
72. Наведіть приклади конструювання біосенсорів за використання феномену електровідновлення перекису водню за допомогою іммобілізованої пероксидази.
73. Що Вам відомо про хемілюмінесцентні біосенсори?
74. Охарактеризуйте мікроелектронні мультипараметричні біосенсори.
75. Перерахуйте сучасні матеріали і технології виготовлення амперометричних перетворювачів.
76. За якою формулою визначається чутливість розроблених біосенсорів.
77. Наведіть послідовність операцій технології виготовлення тонкошарового інтегрального біосенсора для визначення вмісту глюкози, сахарози та лактози.
78. Дайте визначення мікробному біосенсору як технічному аналітичному пристрою.
79. Поясніть, наскільки принциповим питанням при створенні мікробних (клітинних) біосенсорів є метод іммобілізації клітин?
80. Наведіть і охарактеризуйте хімічні методи іммобілізації мікроорганізмів.
81. Наведіть і охарактеризуйте фізичні методи іммобілізації мікроорганізмів.
82. Які матеріали природного і штучного походження використовують для іммобілізації клітин із збереженням їх активності, зокрема охарактеризуйте метод кріоіммобілізації клітин.
83. Наведіть приклади сфер застосування мікробних біосенсорів.
84. В чому полягає суть амперометричного мікробного біосенсора;
85. наведіть приклади таких біосенсорів.
86. Охарактеризуйте амперометричні мікробні біосенсори, що широко використовуються для визначення БСК, -- вимірювання біорозкладання органічних забруднювачів у водних зразках.
87. Дайте визначення і охарактеризуйте потенціометричний мікробний біосенсор. Наведіть приклади.
88. Що таке кондуктометричні мікробні біосенсори?
89. Що Ви знаєте про клітинні біосенсори на основі мікробних біопаливних елементів?
90. Поясніть, що собою представляє оптичний мікробний біосенсор? Наведіть його переваги.
91. Що таке біоломінесцентні мікробні біосенсори?
92. Наведіть і охарактеризуйте на прикладах флуоресцентні мікробні біосенсори.
93. Поясніть принцип дії мікробного сенсора на основі бароксіметра для визначення зміни тиску.
94. Охарактеризуйте мікробні сенсори на основі інфрачервоного аналізатора для виявлення CO₂ як продукту мікробного дихання, зокрема область їх застосування.
95. Виконайте аналіз перспектив розвитку мікробних біосенсорів.
96. Надайте загальну характеристику мультифункціональному використанню ферментів в біосенсорах.

97. Поясніть суть проблем створення ефективних мультисенсорів.
98. Окресліть перспективи створення мультисенсорів на основі зелених мікроводоростей.
99. Якими вимогами практики на сьогодні визначається конкурентоспроможність на ринку біосенсорів.
100. Перерахуйте основні галузі практичного застосування біосенсорів.
101. Охарактеризуйте приклади електрохімічного обладнання, яке використовується при розробці і атестації біосенсорів.
102. У чому полягає принцип молекулярного імпринтингу? Охарактеризуйте поняття ковалентного та нековалентного молекулярного імпринтингу. Створення сенсорів на основі біоміметиків, приклади пристроїв, робочі характеристики, принципи роботи.
103. Поясніть суть атестаційних процедур комерційних біологічних сенсорів.
104. Надайте загальну характеристику аналізаторам для клінічної діагностики на основі біосенсорів.
105. Які вимоги необхідно враховувати при створенні аналізаторів для діагностики за домашніх умов. Охарактеризуйте приклади таких приладів.
106. Надайте загальну характеристику аналізаторам для харчової промисловості та біотехнологічного виробництва.
107. Охарактеризуйте аналізатори для екологічного моніторингу.
108. Сформулюйте перелік і охарактеризуйте проблеми розробки біосенсорів.
109. Окресліть перспективи біосенсорики.