



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>ОНП Нормативна</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, / осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів, в т.ч. лекцій – 18 годин, практичних – 18 годин, СРС – 114 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит / МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>1 год лекції / тиждень, 1 год практичного заняття / тиждень</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	<i>Платформа дистанційного навчання «Сікорський»</i>

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 усе, 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 ОНП.

ФК 06. 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.

ФК16. Здатність використовувати сучасні біофізичні технології для створення біотехнологічних процесів (продуктів)

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

Програмні результати навчання ОНП.

ПРО7. Мати навички виділення, ідентифікації, зберігання, культивування, іммобілізації біологічних агентів, здійснювати оптимізацію поживних середовищ, обирати оптимальні методи аналізу, виділення та очищення цільового продукту, використовуючи сучасні біотехнологічні методи та прийоми, притаманні певному напрямку біотехнології.

ПР 09. Вміти розробляти, обґрунтовувати та застосовувати методи та засоби захисту людини та навколишнього середовища від небезпечних факторів техногенного та біологічного походження.

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

Пререквізити: мати базові знання з біотехнології та хімії, основ інженерії та технології сталого розвитку, 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 ПІДГРУНТЯ 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 і ресурси

Базова література:

1. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О., Голуб Н.Б. Біологічні та хімічні сенсорні системи. I. Електрохімічне підґрунтя сенсорних технологій: Навчальний посібник для студентів напряму 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>
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.

Допоміжна література:

8. Hall E.A.N., Biosensors /Cambridge: Open University Press, 1991.- 351p.
9. Eggins B.R., Chemical sensors and biosensors. – John Willey and Sons, LTD, 1998.-321p.
10. Антропов Л.И. Теоретическая электрохимия М.: Высш.шк.-1993.-560с.
11. ДСТУ 2603-94 Аналізатори газів для контролю викидів промислових підприємств. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. Держстандарт України.
12. Нетрадиційні електрохімічні системи перетворення енергії / Кузьмінський Є.В., Колбасов Г. Я., Тевтуль Я.Ю., Голуб Н.Б. – К.: Академперіодика, 2002. – 182 с.
13. Кузьмінський Є.В., Гвоздяк П.І., Голуб Н.Б. Біопаливні елементи – проблеми і перспективи розвитку 1. Ферментні елементи // Мікробіологія і біотехнологія.- 2008.- №3.- С.21-30.
14. Кузьмінський Є.В., Гвоздяк П.І., Голуб Н.Б. Біопаливні елементи – проблеми і перспективи розвитку 11. Мікробні біопаливні елементи // Мікробіологія і біотехнологія.- 2009.- №1.- С.6-21.
15. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Біоелектрохімія - невід’ємна складова нового технологічного укладу // Науковий вісник Чернівецького університету, Вип.526, Чернівці, 2010. – С. 9-20.
16. Encyclopedia of Sensors, Ed. C.A.Grimes, E.C.Dickey, M.V.Pishko, American Scientific Publisher, California, USA, 2006, V. 7, P.331-339.
17. Кузьмінський Є.В., Щурська К.О. Методичні вказівки до виконання рефератів з дисципліни «Біологічні та хімічні сенсорні системи»: Методичні вказівки для студентів напряму підготовки 051401 «Біотехнологія», гриф «Рекомендовано Вченою радою ФБТ НТУУ «КПІ» від 22.10.2012, пр. № 9», 26 стор.

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 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 ÷ 3, 15.
2	Розділ 2. Електрохімічне підґрунтя сенсорних технологій Тема 2.1. Іоніка.

3	<p>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> <p>Література: 1, 5, 10, 15.</p> <p>Тема 2.2. Електродика. Біопаливний елемент</p> <p>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.</p> <p>Література: 1 ÷ 4, 10, 13 ÷ 15.</p>
4	<p>Розділ 3. Хімічні сенсорні системи</p> <p>Тема 3.1. Характеристика хімічних сенсорних систем</p> <p>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.</p> <p>Література: 1 ÷ 3, 9.</p>
5	<p>Розділ 4. Біологічні сенсорні системи</p> <p>Тема 4.1. Загальна характеристика біосенсорних систем</p> <p>Визначення понять. Фізичні трансдюсери. Біоселективний розпізнавальний елемент. Сучасні методи і основні принципи іммобілізації ферментів та клітин. Різні принципи роботи біосенсорів. Класифікація біосенсорів.</p> <p>Література: 2 ÷ 6, 8, 13, 14, 16.</p>
6	<p>Тема 4.2. Ферментні сенсорні системи</p> <p>Електрохімічні біосенсори. Безмедіаторні амперометричні біосенсори. Медіаторні амперометричні біосенсори.</p> <p>Література: 2, 8, 13, 16.</p>
7	<p>Тема 4.3. Матеріали і технології виготовлення амперометричних перетворювачів</p> <p>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.</p> <p>Література: 1 ÷ 3, 8, 9, 13.</p>
8	<p>Тема 4.4. Клітинні біосенсори. Мультисенсорні системи.</p> <p>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.</p> <p>Література: 2, 4, 8, 9.</p>
9	<p>Тема 4.5. Комерційні варіанти систем на основі біосенсорів</p> <p>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.</p> <p>Література: 1 ÷ 4, 6, 8, 9, 13.</p>

5.2 Практичні 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.	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, 4, 10</i>	2
4.	Ферментні сенсори: рівняння Міхаеліса-Ментен. <i>Література: 1, 2, 5.</i>	2
5.	Ферментні сенсори: розрахунок швидкості біохімічної реакції на електроді, вплив інгібіторів на швидкість реакції. <i>Література: 1, 2, 3.</i>	2
6.	Електрохімічні біосенсори на основі ферментів глюкозооксидази, холінестераз. <i>Література: 1, 2.</i>	2
7.	Електрохімічні біосенсори на основі ферментів уреаз, 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

6. Самостійна робота студента

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

- 1) На підготовку до іспиту 30 год.
- 2) На підготовку до МКР 6 год.
- 3) На виконання РГР 35 год.
- 4) На підготовку до виступу на практичному занятті 25 год.
- 5) На підготовку до лекційних занять 18 год.

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 практичному 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.

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

Поточний контроль: написання МКР, виступ на практичному 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 практичному занятті;
- 3) виконання РГР.

Критерії нарахування балів:

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість занять	Сума балів
1.	Доповідь на практичному занятті		1	10
	- ваговий бал Γ_k	10		
	- якість виконання	0-10		
2.	Модульна контрольна робота		1	30
	-ваговий бал Γ_k	30		
	- якість виконання	0-30		
3.	РГР		1	10
	- ваговий бал Γ_k	10		
	- якість виконання	0-10		

МКР містить 6 питань, кожне з яких оцінюється в 5 балів:

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

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 професором кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, д.х.н., професором Кузьмінським Євгенієм Васильовичем та доцентом кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології, к.т.н., доцент Щурською Катериною Олександрівною.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 15 від 29.06.2022 р.)

Погоджено методичною комісією факультету (протокол № 9 від 30.06.22 р.).

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 оптрода 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.

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

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

109. Якими вимогами практики на сьогодні визначається конкурентоспроможність на ринку біосенсорів.
110. Перерахуйте основні галузі практичного застосування біосенсорів.
111. Охарактеризуйте приклади електрохімічного обладнання, яке використовується при розробці і атестації біосенсорів.
112. Поясніть суть атестаційних процедур комерційних біологічних сенсорів.
113. Надайте загальну характеристику аналізаторам для клінічної діагностики на основі біосенсорів.
114. Які вимоги необхідно враховувати при створенні аналізаторів для діагностики за домашніх умов. Охарактеризуйте приклади таких приладів.
115. Надайте загальну характеристику аналізаторам для харчової промисловості та біотехнологічного виробництва.
116. Охарактеризуйте аналізатори для екологічного моніторингу.
117. Сформулюйте перелік і охарактеризуйте проблеми розробки біосенсорів.
118. Окресліть перспективи біосенсорики.