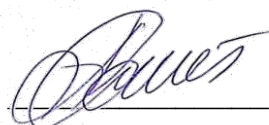


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Хімічний факультет  
Кафедра фізичної та колоїдної хімії

ЗАТВЕРДЖЕНО  
на засіданні кафедри фізичної  
та колоїдної хімії хімічного факультету  
Львівського національного  
університету імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри



Олександр РЕШЕТНЯК

Силабус з навчальної дисципліни  
**“ХЕМО- та БІОСЕНСОРИКА”**,  
що викладається в межах освітньо-наукової програми ХІМІЯ  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
для здобувачів зі спеціальності 102 «Хімія»

Львів 2022 р.

<b>Назва курсу</b>	Хемо- та біосенсорика
<b>Адреса викладання курсу</b>	Навчальний корпус хімічного факультету Львівського національного університету імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія 6/ба.
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	10 Природничі науки 102 Хімія
<b>Викладачі курсу</b>	Ковалишин Ярослав Степанович, к.х.н., доцент, доцент кафедри фізичної та колоїдної – лектор та лабораторні заняття; Горбенко Юлія Юріївна, к.х.н., старший науковий співробітник кафедри фізичної та колоїдної хімії – лабораторні заняття.
<b>Контактна інформація викладачів</b>	Хімічний факультет, кафедра фізичної та колоїдної хімії, вул. Кирила і Мефодія 6/ба, к. 127; тел. (032) 2600397 електронна пошта: <a href="mailto:yaroslav.kovalyshyn@lnu.edu.ua">yaroslav.kovalyshyn@lnu.edu.ua</a> , <a href="mailto:kovalyshyn@yahoo.com">kovalyshyn@yahoo.com</a>
<b>Консультації по курсу відбуваються</b>	<i>Консультації під час семестру:</i> 1) очно в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю з викладачем) за адресою: хімічний факультет, вул. Кирила і Мефодія, 6, ауд. 122; 2) заочно через електронну пошту, також можливі онлайн консультації з використанням MS Teams або подібних ресурсів.
<b>Сторінка курсу</b>	Матеріали до курсу розміщені у системі MOODLE ЛНУ імені Івана Франка за адресою: <a href="http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=2562">http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=2562</a>
<b>Інформація про курс</b>	Дисципліна "Хемо- та біосенсорика" є нормативною дисципліною циклу професійної та практичної підготовки фахівців в межах другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається у 2 семестрі в обсязі 90 годин (3 кредити ECTS).
<b>Коротка анотація курсу</b>	Програмою курсу передбачено вивчення студентами фізико-хімічних основ функціонування чутливих шарів, їх виготовлення і застосування для визначення аналітів. Зокрема, розглядаються основні компоненти сенсорного пристрою: трансдюсер, чутливий шар, компоненти активного шару. Значна увага приділяється методам іммобілізації хімічних та біологічних компонентів чутливого шару на поверхні трансдюсера. Розглянуто принципи функціонування, будову, типи, основні характеристики та приклади хемо- та біосенсорних пристроїв на основі електрохімічних, оптичних, гравітометричних, термометричних трансдюсерів. У програму курсу також включено аналіз сучасного стану і перспектив розвитку сенсорних пристроїв, нових матеріалів для створення чутливого шару, розширення сфер застосування сенсорного аналізу.
<b>Мета та цілі курсу</b>	Основною метою і завданням навчальної дисципліни є показати студенту місце хемо- та біосенсорика в системі хімічної галузі знань та її методологічну роль як теоретичної основи конструювання та практичного використання сенсорних пристроїв, а також формування необхідних знань про фізико-хімічні основи роботи сенсорних пристроїв, типи, будову і властивості трансдюсерів та розпізнаючих елементів, основні характеристики сенсорів, принципи їх дії, приклади та області застосування, набуття практичних навичок модифікації

	електродної поверхні, формування трансдюсерів та чутливих шарів, визначення чутливості та селективності сенсорів, робочого діапазону концентрацій субстрату, кінетичних параметрів ферментативної реакції.
Література для вивчення дисципліни	<p style="text-align: center;"><b>Основна</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Є.П. Ковальчук, Б.Б. Остапович; Я.С.Ковалишин.</i> Хімічна і біологічна сенсорика: навчальний посібник – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012.</li> <li>2. <i>С. В. Дзядевич, О. П. Солдаткін.</i> Наукові та технологічні засади створення мініатюрних електрохімічних біосенсорів – Київ: Наукова думка, 2006.</li> <li>3. <i>Florinel-Gabriel Bănică.</i> Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications. – John Wiley &amp; Sons, Ltd, 2012. 541 p.</li> <li>4. <i>Brian R. Eggins.</i> Chemical Sensors and Biosensors. – Wiley; 1st edition, 2002/300 p.</li> <li>5. <i>Detlef Egbert Ricken, Wolfgang Gessner.</i> Advanced microsystems for automotive applications 99 – Springer, 1999. 318 p.</li> <li>6. <i>Kovalyshyn Ya.S., Reshetnyak O.V.</i> Chapter 7. Polyaniline in Chemo-and Biosensors: Overview // Computational and Experimental Analysis of Functional Materials / O.V. Reshetnyak, G. E. Zaikov (Eds.) [Series: AAP Research Notes on Polymer Engineering Science and Technology]. – Toronto, New Jersey: Apple Academic Press, CRC Press (Taylor@ Francis Group), 2017. – 571 p.</li> </ol> <p style="text-align: center;"><b>Додаткова</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>7. <i>V. M. Mirsky.</i> Ultrathin Electrochemical Chemo- and Biosensors: Technology and Performance – Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH &amp; Co. K, 2010. 358 p.</li> <li>8. Biosensors &amp; Bioelectronics has an open access companion journal Biosensors &amp; Bioelectronics: X. To submit to Biosensors &amp; Bioelectronics: X visit <a href="https://www.editorialmanager.com/BIOSX/default.aspx">https://www.editorialmanager.com/BIOSX/default.aspx</a>.</li> <li>9. <i>В. О. Федоренко, Б. О. Остап, М. В. Гончар, Ю. В. Ребець.</i> Великий практикум з генетики, генетичної інженерії та аналітичної біотехнології мікроорганізмів [навч. посібник] / – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007.</li> <li>10. <i>Ковальчук Є.П., Яцишин М.М., Ковалишин Я.С.</i> Речовина в інтерфазі. Фізична хімія тонких плівок. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2005. – 242 с.</li> <li>11. <i>Ковальчук Є.П., Решетняк О.В.</i> Самоорганізовані шари на твердій поверхні. – Львів: Видавн. центр ЛНУ імені Івана Франка. 2006. – 204 с.</li> <li>12. <i>Emre Ozan Polat, M. Mustafa Cetin, Ahmet Fatih Tabak, Ebru Bilget Güven, Bengü Özüğür Uysal, Taner Arsan, Anas Kabbani, Houme Hamed, and Sümeyye Berfin Gül.</i> Transducer Technologies for Biosensors and Their Wearable Applications. – Biosensors (Basel). 2022. 12(6): P. 385.</li> <li>13. <i>Yan T., Zhang G., Chai H., Qu L., Zhang X.</i> Flexible Biosensors Based on Colorimetry, Fluorescence, and Electrochemistry for Point-of-Care Testing. – Front. Bioeng. Biotechnol. 2021. P. 9:753692.</li> <li>14. <i>Moreno-Bondi, M.C., Benito-Peña, E.</i> Fundamentals of enzyme-based sensors. In: Baldini, F., Chester, A., Homola, J., Martellucci, S. (eds) Optical Chemical Sensors. NATO Science Series II: Mathematics, Physics and Chemistry. – Springer, Dordrecht. 2006. Vol 224. P. 323–352.</li> <li>15. <i>Zhang W., Wang R., Luo F., Wang P., Lin Z.</i> Miniaturized Electrochemical Sensors and Their Point-of-Care Applications. – Chin. Chem. Lett. 2020. P 31:589–600.</li> </ol>

	16. <i>Nidhi Chauhan, Kirti Saxena, Mayukh Tikadar, and Utkarsh Jain. Recent advances in the design of biosensors based on novel nanomaterials: An insight. – Nanotechnology and Precision Engineering 2021. Vol. 4. P. 045003.1–045003.18.</i>
<p><b>Очікувані результати навчання</b></p>	<p>В результаті вивчення дисципліни студенти повинні опанувати передбачені програмою розділи хемо- та біосенсоріки, що означає:</p> <p><i>знати:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– передбачені програмою математичні формули, які є вираженням цих закономірностей і пояснюють фізичний зміст величин та констант, що входять до відповідних формул;</li> <li>– основні закономірності хімічного та біологічного розпізнавання молекул, особливості конструкцій, різновиди та приклади електрохімічних, оптичних, гравіметричних, термометричних та ін. сенсорів;</li> <li>– області застосування хемо- та біосенсорів;</li> </ul> <p><i>вміти:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– пояснювати основні фізико-хімічні закономірності, явища та процесів, на яких ґрунтується робота сенсорних пристроїв, а також типи, будову і властивості трансдюсерів та розпізнаючих елементів;</li> <li>– модифікувати електродну поверхню, формувати трансдюсери та чутливі шари, іммобілізувати біологічні компоненти;</li> <li>– експериментально визначати основні характеристики сенсорів – селективність, чутливість, робочий діапазон концентрацій субстрату, лінійний діапазон, межу виявлення, час відклику; розраховувати кінетичні параметри ферментативних реакцій;</li> <li>– конструювати та досліджувати електрохімічні, оптичні, п'єзоелектричні хемо- та біосенсори.</li> </ul> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент набуде таких <b>загальних компетентностей:</b></p> <p><b>ЗК 1.</b> Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності</p> <p><b>ЗК 2.</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><b>ЗК 3.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p><b>ЗК 4.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><b>ЗК 7.</b> Здатність використовувати інформаційних та комунікаційні технології.</p> <p><b>ЗК 8.</b> Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.</p> <p><b>ЗК 13.</b> Здатність до активного збереження довкілля.</p> <p><b>ЗК 14.</b> Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел;</p> <p><b>спеціальних (фахових) компетентностей:</b></p> <p><b>СК 3.</b> Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.</p> <p><b>СК 4.</b> Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.</p> <p><b>СК 6.</b> Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.</p> <p><b>СК 11.</b> Здатність орієнтуватися на достатньому рівні в галузі хімії поза межами обраного напрямку науково-дослідної роботи.</p> <p><b>Програмні результати навчання:</b></p> <p><b>ПРН 1.</b> Знати і розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.</p> <p><b>ПРН 6.</b> Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх</p>

	<p>і оцінювати відповідність заданим вимогам.</p> <p><b>ПРН 10.</b> Складати технічне завдання до проекту, розподіляти час, організувати свою роботу і роботу колективу, складати звіт.</p> <p><b>ПРН 17.</b> Здійснювати моніторинг та опрацьовувати наукові джерела інформації і фахову літературу в досліджуваній галузі та на стику наук.</p> <p><b>ПРН 19.</b> Використовувати здобуті знання та досвід для вирішення прикладних задач з хімії та впровадження інновацій.</p>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	90 годин. З них 48 аудиторних годин: 16 год лекційних, 32 год лабораторних занять, 44 год самостійної роботи
<b>Ключові слова</b>	Сенсор, чутливий шар, трансдюсер, селективність, чутливість, прицезійність, точність, електрохімічні, електричні, оптичні, магнітні, гравітометричні, термометричні, потенціометричні, амперометричні, кондуктометричні, кулонометричні сенсори, польові транзистори, термістор, пелістер, ензими, нуклеїнові кислоти, дріжджі, ліпосоми, органели, бактерії, антитіла-антигени, одноклітинні мікроорганізми
<b>Формат курсу</b>	<b>Очний</b>
<b>Теми</b>	<p><i>Тема 1.</i> Загальні відомості про датчики та сенсорні пристрої (2 год).</p> <p><i>Тема 2.</i> Електрохімічні сенсори (6 год).</p> <p><i>Тема 3.</i> Оптичні хімічні сенсори (2 год).</p> <p><i>Тема 4.</i> Масочутливі гравіметричні та калориметричні сенсори. (2 год).</p> <p><i>Тема 5.</i> Біологічні сенсори (4 год).</p> <p>Детально: Таблиця 1. Схема курсу</p>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Іспит в кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Фізична хімія», «Фізика», «Вища математика», «Аналітична хімія», «Загальна хімія», «Органічна хімія», необхідних для сприйняття категоріального апарату курсу, розуміння суті описуваних явищ та механізмів роботи сенсорних пристроїв проведення необхідних математичних розрахунків.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	<p>Використовуються такі методи навчання:</p> <p>а) <i>словесні</i> – лекція, пояснення, консультація, бесіда, інструктаж (вступний та поточний під час виконання лабораторних робіт);</p> <p>б) <i>наочні</i> – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами, графіками, фото- та відеоматеріалами;</p> <p>в) <i>практичні</i> – виконання лабораторних робіт, індивідуальних тестових та письмових контрольних завдань.</p>
<b>Необхідне обладнання</b>	<p><i>Лекційні заняття</i> – мультимедійна установка та ноутбук.</p> <p><i>Лабораторні заняття</i> – обладнання навчальної лабораторії кафедри фізичної та колоїдної хімії (потенціостати, амперметри, вольтметри, частотомір, фотоколориметр, тощо)</p>
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Навчальна дисципліна "Хемо- та біосенсорика" оцінюється за модульно-рейтинговою системою, згідно з якою всі види роботи розбито на 2 модулі. Кожен модуль передбачає виконання лабораторних робіт та здачу колоквиуму.</p> <p>Оцінювання результатів навчання студентів здійснюється у вигляді <b>поточного та підсумкового контролю</b>.</p> <p>При виставленні балів поточного контролю враховуються теоретичні знання студентів, продемонстровані ними під час опитувань в усній (колоквиуми, допуски до лабораторних робіт) і письмовій (тестові контрольні завдання) формі; практичні вміння студентів проводити розрахунки при оформленні</p>

письмових звітів про виконання лабораторних робіт.

Результати поточної навчальної діяльності студентів протягом семестру оцінюються за 50-бальною шкалою.

### Поточне оцінювання з курсу “Хемо та біосенсорика”

Поточні види роботи	Кількість оцінювань	Кількість балів	Максимальна сума балів за вид роботи
Лабораторні роботи	7	4,0 (допуск) + 1,0 (захист)	35
Колоквіуми	2	7,5	15
Всього протягом семестру			50

#### Політика виставлення балів:

Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за таким співвідношенням:

*Лабораторні роботи* — 35 (7 занять по 5 балів), 35 % семестрової оцінки.

При цьому оцінка за лабораторну роботу включає в себе:

- оцінку за теоретичну підготовку (усне або письмове опитування): 0 – 4 бали (0 – незадовільно, 1 – задовільно, 2 – посередньо, 3 – добре, 4 – відмінно);
- виконання роботи та оформлення звіту: 0–0,5 бали (0 – незадовільно, 0,2 – виконання роботи, однак при розрахунках допущено незначні помилки, 0,5 – виконання роботи з якісно оформленим звітом);
- захист виконаної роботи: 0 – 0,5 бали (0 – незадовільний, 0,1 – зі значними помилками, 0,3 – вірно, але з помилками, 0,5 – вірно).

*Контрольні заміри* (2 модульні колоквіуми за питаннями та тестовими завданнями, у тому числі в системі Moodle): 15 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 15.

#### Умови допуску студента до підсумкового контролю (іспиту):

– виконання та здача звітів про всі поточні види роботи;

Іспит: 50 % семестрової оцінки. Максимальна кількість балів 50.

**Підсумкова оцінка:** сума семестрових балів та іспиту (максимально – 100 балів)

#### Рейтингове підсумкове оцінювання знань студентів (у балах)

Оцінка ЄКТС	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою		
		Залік		
A	90–100	5	відмінно	
B	81–89	4	дуже добре	
C	71–80		добре	
D	61–70	3	задовільно	
E	51–60		достатньо	
Fx	30–50	2	незадовільно	можливість повторної здачі
F	1–29			обов'язковий повторний курс

*Відвідання занять* є важливою складовою навчання. Очікується, що студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу.

Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття з поважної причини. У випадку хвороби поважність пропуску має бути підтверджена документально. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання/здачі звітів про всі

	<p>поточні види робіт, передбачених курсом.</p> <p>Пропущені лабораторні заняття мають бути відпрацьовані в обов'язковому порядку в позаурочний час у найстисліші терміни. Час та порядок відпрацювання має бути попередньо узгоджений з викладачем та навчально-допоміжним персоналом лабораторії. Відпрацювання має бути зареєстроване у відповідному журналі лабораторії.</p> <p><i>Письмові звіти про поточні види роботи</i> (тестові та домашні контрольні завдання, поточна контрольна робота, звіти про виконання лабораторних робіт). Очікується, що роботи/звіти студентів будуть виконані ними особисто та здані викладачеві протягом семестру у встановлений ним термін. Фабрикування чи використання чужих вихідних експериментальних даних, списування, втручання в роботу інших студентів тощо вважаються проявами академічної недоброчесності. Виявлення її ознак є підставою для незарахування викладачем відповідних видів роботи незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><i>Література та інші навчальні матеріали.</i> Уся література та інші матеріали, які студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Академічна доброчесність</b></p> <p>Дотримання академічної доброчесності під час вивчення курсу забезпечує: обговорення на першому лабораторному занятті правил академічної доброчесності, що є виявом етичної культури студента; попередження про наслідки плагіату чи інших форм недоброчесності (їх виявлення в письмовій роботі студента є підставою для незарахування викладачем завдання, незалежно від масштабів плагіату чи обману); неможливість (заборона) користування мобільними пристроями під час виконання модульних контрольних робіт і самостійних практичних завдань під час аудиторних занять (за винятком часу, відведеного для виконання розрахункових завдань чи задач); побудова графічних (діаграм, гістограм тощо) і табличних зображень, розроблення навчальних (науково-дослідних) моделей здійснюється виключно на основі власних досліджень студента.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p><b>Питання до іспиту</b></p>	<p>Перелік питань до іспиту розміщено у системі MOODLE ЛНУ імені Івана Франка за адресою: <a href="http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=2562">http://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=2562</a></p>
<p><b>Опитування</b></p>	<p><b>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості викладання дисципліни буде надано по завершенню курсу.</b></p>

Таблиця 1. Схема курсу

Тиж-день	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література	Завдання, год	Термін виконання
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки в хімічній лабораторії. Схема сенсорного пристрою. Методи іммобілізації. Аналітичні характеристики: селективність, чутливість (робочий діапазон, лінійний діапазон і межа виявлення), часові характеристики (час відклику, час регенерації, час життя), прицевійність, точність та відтворюваність.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Оновити знання правил техніки безпеки, проведення експериментальних досліджень, опрацювання результатів, оформлення звітів, 2 год.	1-й тиждень
2	Класифікація датчиків та сенсорних пристроїв. Електрохімічні, електричні, оптичні, магнітні, гравітометричні, термометричні сенсорні пристрої. Електрохімічні сенсори. Класифікація електрохімічних сенсорів: потенціометричні, амперометричні, кондуктометричні, кулонометричні. Потенціометричні сенсори.	лекція	Осн. літ.: 1,3,4,5 Дод. літ.: 15		1-й тиждень
	Іонселективний потенціометричний сенсор, визначення коефіцієнта селективності	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск до лабораторної роботи, підготовка платформи сенсора, приготування розчинів, 2 год.	2-й тиждень
3	Іонселективний потенціометричний сенсор, визначення коефіцієнта селективності.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Виконання лабораторної роботи та захист звіту, 2 год.	3-й тиждень
4	Електрохімічні сенсори. Амперометричні сенсори. Хроноамперометричні методи вимірювання сигналу. Лінійна і циклічна вольтамперометрія. Кондуктометричні сенсори.	лекція	Осн. літ.: 1,3,4-6 Дод. літ.: 10,15		3-й тиждень
	Глюкозооксидазний амперометричний біосенсор на електроактивній полімерній платформі.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск до лабораторної роботи, підготовка платформи сенсора, приготування розчинів, 2 год.	4-й тиждень

5	Глюкозооксидазний амперометричний біосенсор на електроактивній полімерній платформі.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Виконання лабораторної роботи та захист звіту, 2 год.	5-й тиждень
6	Сенсори непрямої дії. Сенсори базовані на спектроскопії внутрішнього відбиття. Сенсори базовані на методах світлорозсіювання. Види світлорозсіювання.	лекція	Осн. літ.: 1-3,4,5		5-й тиждень
	Оптичний хемосенсор на основі поліаніліну для визначення аміаку.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск до лабораторної роботи, підготовка платформи сенсора, приготування розчинів, 2 год.	6-й тиждень
7	Оптичний хемосенсор на основі поліаніліну для визначення аміаку.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Виконання лабораторної роботи та захист звіту, 2 год.	7-й тиждень
8	Масочутливі гравіметричні хімічні сенсори. Рівняння Сорбея. Калориметричні сенсори. Термометричні сенсори. Термістори. Каталітичні газові сенсори. Пелістери. Вимірювачі теплопровідності.	лекція	Осн. літ.: 1,3,4-6		7-й тиждень
	Формальдегід-селективний амперометричний біосенсор на платформі продуктів окиснення мельдоли синього.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск до лабораторної роботи, підготовка платформи сенсора, приготування розчинів, 2 год.	8-й тиждень
9	Формальдегід-селективний амперометричний біосенсор на платформі продуктів окиснення мельдоли синього.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Виконання лабораторної роботи та захист звіту, 2 год.	9-й тиждень
10	Польові транзистори. Основні відомості про напівпровідники, контакт напівпровідника з розчином. Нові матеріали і технології створення хімічних сенсорів. Модифіковані, тонкоплівкові та друковані електроди, мікроелектроди.	лекція	Осн. літ.: 1,3,4,6 Дод. літ.: 15		9-й тиждень
	Електрохімічний кварцмікробалансовий аміачний сенсор.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск до лабораторної роботи, підготовка платформи сенсора, приготування	10-й тиждень

				розчинів, 2 год.	
11	Електрохімічний кварцмікробалансовий аміачний сенсор.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Виконання лабораторної роботи та захист звіту, 2 год.	11-й тиждень
12	Особливості активного шару біосенсорів. Типи біоматеріалів. Біологічно-активні компоненти: ензими, нуклеїнові кислоти, дріжджі, ліпосоми, органели, бактерії, антитіла-антигени, одноклітинні мікроорганізми. Принцип роботи ензимного електрода. Імобілізація активних компонентів на твердій поверхні. Адсорбційна і хімічна іммобілізація. Матеріали для вклинення ензимів.	лекція	Осн. літ.: 1,3,4,5 Дод. літ.: 7-9,12-14		11-й тиждень
	Алкогольоксидазний амперометричний біосенсор на поліпірольній платформі для визначення етанолу.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск до лабораторної роботи, підготовка платформи сенсора, приготування розчинів, 2 год.	12-й тиждень
13	Електрохімічний кварцмікробалансовий аміачний сенсор.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Виконання лабораторної роботи та захист звіту, 2 год.	13-й тиждень
14	Типи трансдюсерів, біосенсори для визначення карбаміду, амінокислот, глюкози. Фактори, які впливають на характеристики біосенсорів: кількість ферменту, метод іммобілізації, рН буфера. Потенціометричні біосенсори. Амперометричні біосенсори. “Чиста” вольтамперометрія. Три покоління біосенсорів. Використання медіаторів в біосенсорах другого покоління. Пряме перенесення електронів в системах ензим – електрод, ферментні електроди третього покоління.	лекція	Осн. літ.: 1,2,4,5 Дод. літ.: 7-9,12-14		13-й тиждень
	Алкогольоксидазний амперометричний біосенсор на поліпірольній платформі для визначення етанолу.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск до лабораторної роботи, підготовка платформи сенсора, приготування розчинів, 2 год.	14-й тиждень

15	Алкогольоксидазний амперометричний біосенсор на поліпірольній платформі для визначення етанолу.	лабораторна робота		Виконання лабораторної роботи та захист звіту, 2 год.	15-й тиждень
16	Непрямі методи визначення клітинної активності на польових транзисторах і фотоактивованих потенціометричних сенсорах. Пневматичні сенсори закритого типу. Продукування хемілюмінесцентних реакцій іммобілізованими ензимами. Найголовніші напрямки наукових і технологічних стратегій при розробці сенсорних пристроїв.	лекція	Осн. літ.: 1,3,5,6 Дод. літ.: 7-9,12-14,16		15-й тиждень
	Електрохемілюмінесцентний хемосенсор для визначення персульфат-іонів.	лабораторна робота	Осн. літ.: 1	Допуск та виконання лабораторної роботи, захист звіту, 2 год.	16-й тиждень