

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Біологічний факультет  
Кафедра біохімії

Затверджено

На засіданні кафедри біохімії  
біологічного факультету  
Львівського національного  
університету імені Івана Франка  
(протокол № 11/3 від 18.02 2025р.)

Завідувач кафедри Н. Сибірна проф. Наталія СИБІРНА

Силабус з навчальної дисципліни  
«Біосенсиори»,  
що викладається в межах ОПП «Біотехнології та біоінженерія»  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів  
спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія»

<b>Назва курсу</b>	Біосенсори
<b>Адреса викладання курсу</b>	вул. Грушевського 4, 79005 Львів
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	біологічний факультет, кафедра біохімії
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	16 «Хімічна та біоінженерія», 162 «Біотехнології та біоінженерія»
<b>Викладачі курсу</b>	доцент кафедри біохімії к.б.н. Нагалевська Марія Романівна
<b>Контактна інформація викладачів</b>	maria.nagaliivska@lnu.edu.ua
<b>Консультації по курсу відбуваються</b>	Консультація в день проведення практичних занять (за попередньою домовленістю)
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://bioweb.lnu.edu.ua/course/biosensory">https://bioweb.lnu.edu.ua/course/biosensory</a>
<b>Інформація про курс</b>	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, обов'язкові для розуміння сучасних аспектів будови біосенсорів та різноманіття біорецепторних молекул. Тому у курсі представлено як методологія проведення біосенсоріки, так і практичне застосування біосенсорів у різних галузях (моніторингу забруднення навколишнього середовища; виявлення токсичних елементів в їжі та для контролю її якості; виявлення біологічно небезпечних бактерій чи вірусів; виявлення біомаркерів, що використовуються в клінічній діагностиці; застосування в оборонній промисловості).
<b>Коротка анотація курсу</b>	Дисципліна «Біосенсори» є вибірковою дисципліною зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» для освітньої програми бакалавра, яка викладається в VI семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою). Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів: 1. Загальна характеристика біосенсорів та рецепторів розпізнавання. 2. Застосування біосенсорів
<b>Мета та цілі курсу</b>	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Біосенсори» є підготовка до науково-дослідницької та педагогічної діяльності, пов'язаної з використанням біохімічних методів аналізу і біосенсорів в медицині, харчовій промисловості, еколого-аналітичному контролі, при проведенні досліджень у галузі молекулярної біології, біохімії, біотехнології, а також споріднених областях, включаючи фармацевтику та нанотехнологію. У результатах освоєння даної дисципліни повинні бути сформульовані уявлення про сучасні методи біоаналізу, про принципи конструювання та функціонування біосенсорів на основі ферментів, антитіл і нуклеїнових кислот, їх використання для вирішення конкретних аналітичних завдань.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	Основна література: 1. Cooper J. M., Cass A.E.G. Biosensors. Second edition. A Practical Approach, Oxford University Press, 2003– 293 p. 2. Evtugyn G. Biosensors: Essentials. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014– 274 p. 3. Higson S. Biosensors for medical applications. Woodhead

	<p>Publishing Limited, 2012 – 352 p.</p> <p>4. Malhotra B. D., Pandey C. M. Biosensors: Fundamentals and Applications. Smithers Information Ltd., 2017 – 272 p.</p> <p>5. Ozkan S.A., Uslu B., Sezgintürk M.K. Biosensors: Fundamentals, Emerging Technologies, and Applications. Boca Raton: CRC Press, 2022. — 395 p.</p> <p>Додаткова література:</p> <p>1. Altintas Z. Biosensors and Nanotechnology. Applications in Health Care Diagnostics. John Wiley &amp; Sons, Inc. 2018 – 385 p.</p> <p>2. Asal, M., Özen, O., Şahinler, M., Baysal, H. and Polatoğlu O. An overview of biomolecules, immobilization methods and support materials of biosensors. Sensor Review, 2019, 39 (3): 377-386.</p> <p>3. Denizli A., Saylan Y. (eds.) Biosensors for Virus Detection Institute of Physics Publishing, 2021. — 184 p.</p> <p>4. Khan R., Parihar A., Kaushik A., Kumar A. (eds.) Advanced Biosensors for Virus Detection: Smart Diagnostics to Combat SARS-CoV-2. Academic Press, 2022. — 460 p.</p> <p>5. Kim J, Campbell AS, de Ávila BE, Wang J. Wearable biosensors for healthcare monitoring. Nat Biotechnol. 2019; 37(4): 389-406.</p> <p>6. Malhotra B. D., Ali Md. A. Nanomaterials for Biosensors Fundamentals and Applications. Elsevier Inc., 2018 – 320 p.</p> <p>7. Marks R. S., Cullen D. C., Karube I., Lowe C. R., Weetall H. H. Handbook of Biosensors and Biochips. John Wiley &amp; Sons, Ltd., 2008 – 1242 p.</p> <p>8. Nikolelis D. P., Varzakas T., Erdem A., Nikoleli G.-P. Portable Biosensing of Food Toxicants and Environmental Pollutants, CRC Press Taylor &amp; Francis Group, 2014 – 800 p.</p>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	64 години аудиторних занять. З них 32 годин лекцій, 32 годин практичних та 116 годин самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Щеля завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знати основні типи сучасних біосенсорів, підходи до створення сучасних біоселективних елементів біосенсорів, методи інтеграції живих молекул з неживими трансдукторами, методи вимірювання за допомогою біосенсорів, галузі застосування біосенсорів;</li> <li>- вміти аналізувати та синтезувати інформацію на основі логічних аргументів та перевірених фактів, розуміти основні закономірності іммобілізації ферментів та інші біологічні молекули на поверхнях оптичних та електрохімічних перетворювачів, розуміти аналіз біологічних систем за допомогою біосенсорів, визначати та вимірювати параметри організму людини, моделювати процеси, що відбуваються в біосенсорах під час вимірів, робити якісні, науково-обґрунтовані висновки.</li> </ul>
<b>Ключові слова</b>	Біосенсор, трансдуктор, біорецептор, іммобілізація
<b>Формат курсу</b>	очний
<b>Темп</b>	проведення лекцій та консультації для кращого розуміння тем
<b>Підсумковий контроль,</b>	Наведено у табл. 1 залік у кінці семестру

<b>форма</b>	
<b>Пререквізити</b>	для вивчення курсу студенти потребують базових знань з біохімії, генетики, мікробіології та вірусології, анатомії та фізіології людини і тварин, цитології, гістології, фізики та хімії
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	лекції, презентація (ілюстрація, демонстрація), розповіді, пояснення, розв'язування вправ і задач, дискусія
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми і операційні системи, проектор, програмне забезпечення для дистанційного навчання (ZOOM, MSTeams, MOODLE)
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• практичні/самостійні тощо: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50</li> <li>• контрольні заміри (модулі): 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 50</li> </ul> <p>Оцінювання знань студентів навчальних дисциплін, які завершуються заліком, проводиться протягом семестру за такими видами робіт: підготовка та представлення презентації, участь у науковій дискусії на практичних заняттях, тестовий контроль. Загалом протягом семестру 100 балів.</p> <p><b>Академічна доброчесність.</b> Роботи здобувачів є винятково оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Жодні форми порушення академічної доброчесності (відеутіність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання у роботу інших аспірантів та ін..) не толеруються. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p><b>Відвідування занять.</b> Усі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватись усіх строків визначених для виконання письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p><b>Література.</b> Уся література, яку 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>
<b>Питання до модульних контролів (замірів знань)</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основні етапи та досягнення, що лежать в основі створення біосенсорів</li> <li>2. Характеристики, якими повинні володіти біосенсори.</li> <li>3. Класифікація біосенсорів на основі типу трансдуктора</li> <li>4. Електрохімічні біосенсори та оптичні біосенсори</li> <li>5. П'єзоелектричні біосенсори та термальні біосенсори</li> <li>6. Класифікація біосенсорів на основі типу біорозпізнавального елемента</li> <li>7. Біосенсори на основі ферментів (ензиматичні біосенсори)</li> <li>8. Імуносенсори (біосенсори, що базуються на антитілах), РНК- та</li> </ol>

	<p>ДНК-біосенсори</p> <p>9. Цільноклітинні біосенсори. Аптасенсори. Біосенсори на основі пептидів</p> <p>10. Біосенсори на основі молекулярно-імпринтованих полімерів (МІР-біосенсори)</p> <p>11. Техніки іммобілізації</p> <p>12. Біомаркери. Перевага та використання біомаркерів. Ідеальні характеристики біомаркерів.</p> <p>13. Біологічні зразки та біомаркери.</p> <p>14. Використання біомаркерів у технології біочутливості. Біомаркери в діагностиці захворювань.</p> <p>15. Технології виявлення біомаркерів захворювання.</p> <p>16. Електрохімічні біосенсори для маркерів пухлин.</p> <p>17. Електрохімічні біосенсори для аутоімунних захворювань.</p> <p>18. Платформи безперервного потоку.</p> <p>19. Платформи LOC на основі паперу. Крапельні LOC платформи.</p> <p>20. Переносні платформи LOC.</p> <p>21. Принципи зондування за участю ДНК / РНК.</p> <p>22. Оптичне зондування ДНК з використанням ДНК-біосенсорів.</p> <p>23. Біосенсори для виявлення алкоголю та лактату.</p> <p>24. Неінвазивні електрохімічні та амперометричні біосенсори.</p> <p>25. Вимоги та типи переносних біосенсорів.</p> <p>26. Застосування біосенсорів для моніторингу навколишнього середовища.</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Біосенсори»

Тижде нь	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурсе для виконання завдань (за потреби)	Термін виконан ня
1	<b>Біосенсори: принципи будови та галузі застосування.</b> Основні етапи та досягнення, що лежать в основі створення біосенсорів Застосування біосенсорів. Характеристики, якими повинні володіти біосенсори.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тижден ь
2	<b>Класифікація біосенсорів на основі типу трансдуктора.</b> Електрохімічні біосенсори, оптичні біосенсори, п'єзоелектричні біосенсори та термальні	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна		1 тижден ь

	біосенсори.	робота – 7,25 год		
3	<b>Класифікація біосенсорів на основі типу біорозпізнавального елемента.</b> Біосенсори на основі ферментів (ензиматичні біосенсори). Імуносенсори (біосенсори, що базуються на антитілах). РНК- та ДНК-біосенсори.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
4	<b>Класифікація біосенсорів на основі типу біорозпізнавального елемента</b> Цільноклітинні біосенсори. Аптасенсори. Біосенсори на основі пептидів. Біосенсори на основі молекулярно-імпринтованих полімерів (MIP-біосенсори). Техніка іммобілізації.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
5	<b>Техніка іммобілізації.</b> Абсорбція. Ковалентне зв'язування. Захоплення. Поперечне зшивання або кополімеризація. Інкапсуляція. Іммобілізація цілих клітин.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
6	<b>Біомаркери в галузі охорони здоров'я.</b> Переваги використання біомаркерів. Ідеальні характеристики біомаркерів. Біологічні зразки та біомаркери. Персоналізоване здоров'я та технології догляду. Використання біомаркерів у технології біочутливості. Біомаркери в діагностиці захворювань.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
7	<b>Біосенсори для виявлення біомаркерів захворювань.</b> Біомаркери захворювань. Ветановлені технології виявлення біомаркерів захворювання. Поверхневі білки. Нові технології виявлення біомаркерів захворювання.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
8	<b>Електрохімічні біосенсорні технології в виявленні та діагностиці захворювань.</b> Біомаркери в клінічних областях. Електрохімічні біосенсори для маркерів пухлин. Електрохімічні біосенсори для маркерів серцево-судинних захворювань. Електрохімічні біосенсори для аутоімунних захворювань.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
9	<b>Лабораторні платформи (LOC - Lab-on-Chip) для виявлення та діагностики захворювань.</b> Платформи безперервного потоку. Платформи LOC на основі паперу. Крапельні LOC платформи. Цифрові мікрофлюїдні платформи LOC. Переносні платформи LOC.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень
10	<b>Біосенсори для виявлення ДНК та РНК.</b> Принципи зондування за участю ДНК / РНК. Електрохімічне зондування з використанням ДНК-біосенсорів. Оптичне зондування ДНК з використанням ДНК-біосенсорів. Мікробаланс кварцового кристала та датчики поверхневої акустичної хвилі. Мікроантиліверсені олігонуклеотидні датчики.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тиждень

11	<b>Біосенсори для неінвазивних вимірювань.</b> Біосенсори для виявлення алкоголю та лактату. Неінвазивні електрохімічні та амперометричні біосенсори. Оптичні біосенсори для неінвазивних вимірювань таргетних аналітів.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тижден ь
12	<b>Переносні біосенсори для медичного застосування.</b> Вимоги та типи переносних сенсорів. Температурні, механічні та електричні сенсори. Біологічне та хімічне зондування. Клінічне застосування.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тижден ь
13	<b>Біосенсори для оцінки якості харчових продуктів</b> Біосенсори для виявлення акриламід, нітрозамінів та бензолу в безалкогольних напоях. Біосенсори для оцінки якості риби, м'ясних продуктів, овочів та фруктів. Біосенсори для виявлення харчових алергенів та патогенних бактерій чи токсинів	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тижден ь
14	<b>Біосенсори для виявлення наркотичних речовин</b> Імуносенсори для виявлення героїну та його метаболітів. Біосенсори для виявлення тетрагідроканабіноїдів.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тижден ь
15	<b>Використання біосенсорів для моніторингу навколишнього середовища</b> Застосування біосенсорів для екологічного моніторингу. Виявлення важких металів, азотних сполук, фенольних та фосфорорганічних сполук. Оцінка наявності гормонів, антибіотиків та забруднення мікрорганізмами	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тижден ь
16	<b>Використання біосенсорів у воєнній сфері</b> Біологічна зброя та засоби біологічної війни. Використання біосенсорів під час біологічної загрози. Оптичні та електрохімічні біосенсори для аналізу наявності біологічної загрози.	Лекції – 2 год, практичні – 2 год; самостійна робота – 7,25 год		1 тижден ь

Автор



Марія НАГАЛІВСЬКА

«ПОГОДЖЕНО»

Голова методичної ради  
біологічного факультету  
доц. Віталій ГОНЧАРЕНКО  
« 10 » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Гарант ОПП  
проф. Віктор ФЕДОРЕНКО  
« 10 » \_\_\_\_\_ 2025 р.