

**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 № 2/15 від 02 вересня 2025 р.)

Завідувач кафедри  проф. Наталія СИБІРНА

**Силабус навчальної дисципліни**

**«ПРОТЕОМІКА І БІЛКОВА ІНЖЕНЕРІЯ»,**

що викладається в межах ОПІ Біотехнології та біоінженерія  
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів  
спеціальності G21 Біотехнології та біоінженерія

Львів 2025

<b>Назва курсу</b>	Протеоміка і білкова інженерія
<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>	G Інженерія, виробництво та будівництво, G21 Біотехнології та біоінженерії
<b>Викладачі курсу</b>	доцент кафедри біохімії к.б.н. Канюка Олена Петрівна
<b>Контактна інформація викладачів</b>	olena.kaniuka@lnu.edu.ua
<b>Консультації по курсу відбуваються</b>	щосереди, 11:00–12:00 год (вул. Грушевського 4, ауд. 319)
<b>Сторінка курсу</b>	<a href="https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=7148">https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=7148</a>
<b>Інформація про курс</b>	Курс розроблено таким чином, щоб ознайомити учасників з сучасними методами дослідження структури і функції білків, що є основою можливості вносити спрямовані заміни в амінокислотні послідовності білкових молекул. У результаті вивчення навчальної дисципліни буде розкрито основні принципи біохімії білків, а саме такі процеси як біосинтез білка, фолдинг білків у ендоплазматичному ретикулумі та апараті Гольджі, проходження білків крізь біологічні мембрани, посттрансляційні модифікації білків. Також ціллю курсу є сформувати у слухачів курсу систему знань про напями практичного використання білкової інженерії.
<b>Коротка анотація курсу</b>	Дисципліна «Протеоміка і білкова інженерія» є нормативною дисципліною магістра зі спеціальності G21 Біотехнології та біоінженерії, яка викладається в I семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою). Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вступ в протеоміку.</li> <li>2. Сучасні методи дослідження білкових молекул. Бази даних для протеоміки.</li> <li>3. Білкова інженерія в біотехнології.</li> </ol>
<b>Мета та цілі курсу</b>	Метою вивчення нормативної дисципліни «Протеоміка і білкова інженерія» є надати студентам знання та розуміння принципів структури і функції білків, ознайомити з сучасними методами дослідження. А також підготовка конкурентноздатних фахівців, що здатні організовувати, виконувати та контролювати проектно-розрахункові та виробничі роботи, які пов'язані з використанням живих організмів, їхніх частин (органів, тканин, клітин, органел тощо) чи продуктів їхньої життєдіяльності для спрямованої зміни структури білків для надання їм нових властивостей або створення білків <i>de novo</i> .
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	Основна література: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Хімія білка : підручник : [для студ. вищ. навч. закл.] / [Н. О. Сибірня, М. В. Гончар, І. В. Бродяк, О. Г. Стасик, М. Л. Барська] ; за ред. проф. Н. О. Сибірної.</li> </ol>

	<p>– Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 393 с. З грифом МОН України.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Srivastava S. From Proteins to Proteomics Basic Concepts, Techniques, and Applications. CRC Press, 2022.</li> <li>3. Liebler D. Introduction to Proteomics, Humana Totowa, NJ, 2002.</li> <li>4. Zempleni J, Daniel H (eds). Molecular Nutrition. Cambridge, MA: CABI Publishing, 2003.</li> <li>5. D. Heimburger, J. Ard Handbook of Clinical Nutrition 4th Edition Mosby 2006</li> <li>6. Eleanor Schlenker, Joyce Ann Gilbert Williams' Essentials of Nutrition and Diet Therapy, Elsevier 2019</li> <li>7. Fleet J. Zinc, Copper and Manganese. In Stipanuk MH, Biochemical and Physiological Aspects of Human Nutrition. Philadelphia: WB Saunders 2000</li> </ol> <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trissel LA. Handbook on injectable drugs. 15th ed. Bethesda, MD: American Society of Health-System Pharmacists, 2009.</li> <li>2. Panel on Dietary Antioxidants and Related Compounds, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids. Washington, DC: National Academy Press, 2000.</li> <li>3. Holt GA. Food &amp; Drug Interactions. Chicago: Precept Press, 1998</li> </ol>
<b>Тривалість курсу</b>	Один семестр
<b>Обсяг курсу</b>	180 годин з них 64 години аудиторних занять. З них 32 годин лекцій, 16 годин практичних занять та 16 годин лабораторних робіт та 116 год самостійної роботи
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Вміти планувати експеримент, застосовувати сучасні методи, фракціонування та виділення макромолекул з біологічних об'єктів, інтерпретувати та представляти отримані результати, орієнтуватися в науковій і методичній літературі; застосовувати отримані знання для реалізації та управління біотехнологічними процесами.</li> <li>- знати основні принципи отримання нових білків, практичні аспекти білкової інженерії; теоретичні основи та прикладні аспекти білкової інженерії; методологічні основи мутагенезу, отримання іммобілізованих препаратів та їх використання;</li> </ul> <p>Дисципліна «Протеоміка та білкова інженерія» забезпечує здобуття загальних компетентностей (ЗК), фахових компетентностей (ФК) і програмних результатів навчання (ПР), передбачених освітньо-професійною програмою ««Біотехнології та біоінженерія» другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю G21 Біотехнології та</p>

біоінженерії, галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво.

ЗК01. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК03. Здатність мотивувати людей та рухатися до спільної мети.

ЗК04. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК05. Здатність виявляти ініціативу та підприємливість.

ЗК06. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

ФК08. Здатність здійснювати пошук необхідної інформації в науковій і технічній літературі, базах даних та інших джерелах.

ФК09. Здатність відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних і спеціалізованого програмного забезпечення.

ФК10. Здатність розробляти та реалізовувати комерційні та науково-технічні плани і проекти в галузі біотехнології з урахуванням всіх аспектів вирішуваної проблеми, включаючи технічні, виробничі, експлуатаційні, комерційні, правові, питання охорони праці і навколишнього середовища.

ФК11. Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та/або теоретичних досліджень та/або комп'ютерного моделювання.

ФК12. 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.

ФК13. Здатність розробляти та вдосконалювати комплексні біотехнології на основі розуміння наукових сучасних фактів, концепцій, теорій, принципів і методів біоінженерії та природничих наук.

ФК14. Здатність прогнозувати напрямки розвитку сучасної біотехнології в контексті загального розвитку науки і техніки.

ФК15. Здатність застосовувати сучасні методи системного аналізу для дослідження та створення ефективних біотехнологічних процесів.

ФК19. Здатність застосовувати основні закономірності молекулярної організації, будови, розвитку клітин і тканин, процесів життєдіяльності у живих системах для розробки і вдосконалення біотехнології.

ФК20. Здатність розробляти технології одержання білкових, ферментних, гормональних, антибіотичних, імунологічних біопрепаратів, створювати біосенсори для

	<p>використання у медицині, ветеринарії діагностиці та промисловості.</p> <p>ПР07. 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.</p> <p>ПР08. Планувати та управляти науково-дослідними, науково-технічними та/або виробничими проектами у галузі біотехнології, базуючись на сучасних тенденціях розвитку науки, техніки та суспільства.</p> <p>ПР10. 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.</p> <p>ПР11. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами, обговорювати з фахівцями і нефакхівцями результати досліджень, інновації та/або управління виробництвом і біотехнології.</p> <p>ПР12. Аналізувати і враховувати у практичній діяльності тенденції науково-технічного розвитку суспільства та біотехнологічної галузі.</p> <p>ПР18. Користуватись базами даних, в яких зберігається інформація про біотехнологічні об'єкти, їхні геноми, транскриптоми, протеоми і метаболоми, а також біотехнологічні процеси.</p> <p>ПР.20. Планувати та аналізувати результати експериментів зі створення, вивчення і працювання способів практичного використання біопрепаратів з антибіотичними, пробіотичними, імунотропними та іншими біологічними активностями з використанням методів генетичної, клітинної, метаболічної інженерії та нанотехнологій.</p>
<b>Ключові слова</b>	Білки, інженерія, мутагенез, посттрансляційна модифікація, ферменти, моделювання
<b>Формат курсу</b>	очний
	проведення лекцій, практичних та лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
<b>Теми</b>	Наведено у табл. 1
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	іспит у кінці семестру
<b>Пререквізити</b>	для вивчення курсу студенти потребують базових знань з молекулярної біології, біохімії, генетики, біофізики, мікробіології
<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, проведення лабораторних робіт
<b>Необхідне обладнання</b>	персональний комп'ютер, загальнонавчавані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор

<p><b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b></p>	<p>Максимальна кількість балів при оцінюванні знань студентів з дисципліни, яка завершується іспитом, становить 100 балів (50 балів за результатами семестрового контролю та 50 балів за результатами іспиту). Бали семестрового контролю нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• доповідь на практичних заняттях – максимально 5 балів за 1 доповідь та 5 балів за 1 презентацію (2 доповіді/презентації за семестр); максимально 20 балів за семестр;</li> <li>• виконання 1 лабораторної роботи – максимально 2 бали; оформлення 1 лабораторної роботи з обґрунтуванням отриманих результатів 2 бали (5 лабораторних робіт за семестр); максимально 20 балів за семестр;</li> <li>• контрольна робота (25 тестів) 10 балів.</li> </ul> <p>Іспит: 50% семестрової оцінки: максимальна кількість балів – 50. Оцінку за іспит здобувач отримує на підставі усного опитування за екзаменаційними питаннями ( 3 розгорнуті питання - 45 балів, відповіді на додаткові питання – 5 балів).</p>
<p><b>Питання до модульних контролів (замірів знань)</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Що таке протеом і чим він відрізняється від геному?</li> <li>2. Чим займається структурна та функціональна протеоміка?</li> <li>3. Які обмеження та виклики характерні для сучасної протеоміки?</li> <li>4. Яку роль відіграють біоінформатичні інструменти у протеомних дослідженнях?</li> <li>5. Основні принципи просторової будови білків.</li> <li>6. Фізико-хімічні властивості білків на різних рівнях організації.</li> <li>7. Обговоріть основні пострасляційні модифікації білків та їхню роль у зміні властивостей білків</li> <li>8. У чому полягає явище флуоресценції? Сформулюйте її фізичні принципи.</li> <li>9. Які речовини називають флуорофорами?</li> <li>10. Що таке зсув Стокса? Які його фізичні механізми?</li> <li>11. Як визначити квантовий вихід флуоресценції? Від чого він залежить?</li> <li>12. Сучасні методи визначення структури білкових молекул.</li> <li>13. Охарактеризуйте електрофоретичні методи дослідження у протеоміці.</li> <li>14. Як комп'ютерне моделювання допомагає у білковій інженерії?</li> <li>15. Опишіть функцію ферментативного гідролізу (наприклад, трипсину) в протеоміці.</li> <li>16. Поясніть, чим відрізняється двовимірний електрофорез білків від тривимірного.</li> </ol>

	<p>17. Наведіть приклад методів, які використовуються для дослідження просторової будови білків.</p> <p>18. Поясніть, яку інформацію отримують при моделюванні структури білка за шаблоном.</p> <p>19. Порівняйте властивості ферментів і хімічних каталізаторів. Які властивості ферментів обмежують їхнє застосування у промисловості?</p> <p>20. Які особливості будови ферментів? За допомогою яких методів можна змінити тривалість напівжиття ферментів?</p> <p>21. Які властивості білків можна змінити за допомогою направлено мутагенезу?</p> <p>22. Поясніть значення баз даних (UniProt, Mascot, NCBI) у протеомних дослідженнях.</p> <p>23. Що таке молекулярний імпринтинг?</p> <p>24. Опишіть методи очищення рекомбінантних білків.</p> <p>25. Що таке абзими? Яке їх практичне значення?</p> <p>26. Переваги та недоліки ферментів при їх використанні в якості каталізаторів.</p> <p>27. Які обмеження має протеоміка в порівнянні з геномікою?</p> <p>28. Що таке топ-даун і боттом-ап протеоміка?</p> <p>29. Як визначити функцію білка на основі протеомних даних?</p> <p>30. Опишіть методи спонтанного мутагенезу. Які переваги та недоліки цих методів?</p> <p>31. Як можна підвищити стабільність білка за допомогою білкової інженерії?</p> <p>32. Опишіть приклад реалізації проекту білкової інженерії (від вибору мішені до тестування активності)</p> <p>33. Наведіть приклад, коли внесення однієї амінокислотної заміни суттєво змінило функцію білка.</p> <p>34. Як ви вважаєте, які етичні аспекти пов'язані з білковою інженерією?</p> <p>35. Як білкову інженерію застосовують у розробці вакцин?</p>
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

## Схема курсу «Протеоміка і білкова інженерія»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
1	<b>Біотехнологія білків як інноваційна діяльність.</b>	Лекції – 2 год, практич. заняття – 1 год,		1 тиж-день

	Поняття «протеоміка». Виникнення і розвиток молекулярної білкової інженерії, білкова інженерія як складова молекулярної біотехнології.	самостійна робота – 6 год		
2	<b>Структура та функції білків.</b> Амінокислоти – мономери первинної структури білків. Пептидний зв'язок і поліпептидний ланцюг. Фізико-хімічні властивості білкових молекул на різних рівнях організації.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 1 год, самостійна робота – 6 год		1 тиждень
3	<b>Біохімія білкових молекул. Механізм згортання (фолдинга) білків.</b> Фактори фолдингу. Здійснення котрансляційного фолдингу шаперонами. Порушення фолдингу. Рефолдинг і протеоліз – альтернативні варіанти змін денатурованого білка.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 1 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
4	<b>Посттрансляційні модифікації білків</b> Типи посттрансляційних модифікацій білків. Закономірності модифікації глікопротеїнів. Транспорт білків через мембрани. Порушення процесів транспорту.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
5	<b>Біосинтез білка</b> Загальний сценарій транскрипції у бактерій. Структура та функція РНК-полімерази. Ензиматична регуляція транскрипції Особливості транскрипції в еукаріотичних Загальна схема біосинтезу білка на рибосомах.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год, самостійна робота – 16 год		2 тижні
6	<b>Методи дослідження білкових молекул</b> Спектрофотометрія білків. Загальні принципи поглинання світла молекулами. Спектри поглинання білків. Теорія флуоресценції. Білок GFP та його похідні.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год		1 тиждень
7	<b>Електрофоретичні методи в протеоміці.</b> Загальна теорія електрофорезу. Двовимірна гелева технологія електрофорезу. Аналіз протеомних даних на основі електрофорезу.	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год		2 тижні
8	<b>Основи мас-спектрометрії та кількісної протеоміки</b> Вступ до мас-спектрометрії Конфігурації гібридної мас-спектрометрії Тандемна мас-спектрометрія для ідентифікації білка Кількісна протеоміка <i>in vitro</i> з використанням itraq Кількісна протеоміка <i>in vivo</i> .	Лекції – 4 год, практ. заняття – 2 год, лаб. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год		2 тижні
9	<b>Виявлення білок-білкових взаємодій і білкових комплексів</b> Моделювання просторової структури білка. Передбачення функцій білків.	Лекції – 2 год, лаб. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год		1 тиждень
10	<b>Раціональний дизайн і направлена еволюція білкових молекул</b> Раціональний дизайн і направлена еволюція білкових молекул як основні напрями досліджень у білковій інженерії. Проектування	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год		1 тиждень

11	<p><b>Мутації та мутагенез, їх застосування в білковій інженерії</b></p> <p>Олігонуклеотид-спрямований мутагенез із використанням ДНК фага M13. Олігонуклеотид-спрямований мутагенез із використанням плазмідної ДНК. Олігонуклеотид-спрямований мутагенез із використанням ПЛР-ампліфікації.</p> <p>Випадковий мутагенез із використанням «вроджених олігонуклеотидних праймерів». Випадковий мутагенез із використанням аналогів нуклеотидів.</p>	Лекції – 2 год, практич. заняття – 1 год, самостійна робота – 10 год		1 тиждень
12	<p><b>Конструювання білків <i>in vitro</i></b></p> <p>Зміна властивостей ферментів. Абзими — каталітичні антитіла. Конструювання гібридних білків: Утворення додаткових дисульфідних зв'язків. Зменшення числа вільних сульфгідрильних груп. Інженерія підвищення ферментативної активності. Зміна потреби ферментів у металевих кофакторах. Підвищення стабільності й специфічності ферменту</p>	Лекції – 2 год, практич. заняття – 2 год, самостійна робота – 6 год		1 тиждень
13	<p><b>Конструювання химерних білків.</b></p> <p>Конструювання або збірки химерних білків. Їхне використання для виявлення та очищення важливих у терапевтичному значенні білків</p>	Лекції – 2 год, практич. заняття – 1 год, самостійна робота – 6 год		1 тиждень

Автор

Олена КАНЮКА

«ПОГОДЖЕНО»

Голова методичної ради  
біологічного факультету

доц. Віталій ГОНЧАРЕНКО  
«17» серпня 2025 р.

Гарант ОПІ

проф. Богдан ОСТАШ  
«29» серпня 2025 р.