

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Біологічний факультет
Кафедра генетики та біотехнології

Затверджено

на засіданні кафедри генетики та біотехнології
біологічного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка

(протокол № 19 від «29» серпня 2024 р.)

Завідувач кафедри


Віктор ФЕДОРЕНКО

Силабус з навчальної дисципліни

«Геномна інженерія»,

що викладається в межах ОПП «Біотехнології та біоінженерія»
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія

Львів 2024

Назва курсу	Генетична інженерія
Адреса викладання курсу	вул. Грушевського 4, 79005 Львів.
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Біологічний факультет, кафедра генетики і біотехнології.
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	16 Хімічна і біоінженерія, 162 Біотехнології та біоінженерія.
Викладачі курсу	Завідувач кафедри генетики і біотехнології, доктор біологічних наук, професор Федоренко Віктор Олександрович.
Контактна інформація викладачів	viktor.fedorenko@lnu.edu.ua http://bioweb.lnu.edu.ua/employee/fedorenko-v-o
Консультації по курсу відбуваються	Консультації за графіком, а також в день проведення лекцій та практичних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через електронну пошту.
Сторінка курсу	http://bioweb.lnu.edu.ua/course/henetychna-inzheneriya
Інформація про курс	Курс розроблено з метою надати здобувачам освіти відповідні загальні та фахові компетентності, які ґрунтуються на розумінні закономірностей будови і функціонування геномів живих організмів і дають змогу оволодіти методологією конструювання генів і геномів, а також маніпулювання ними, як одним з головних напрямків сучасної молекулярної біотехнології, синтетичної біології і генної терапії. Тому у курсі представлені відповідні теоретичні дані та передбачене розв'язання практичних задач; а також розгляд етичних проблем, пов'язаних з практичним застосуванням методів генетичної інженерії. Ця методологія може бути корисною під час виконання магістерських курсових і дипломних робіт і в дальшій їх практичній діяльності.
Коротка анотація курсу	Дисципліна «Геномна інженерія» є нормативною дисципліною зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» для освітньої програми магістра, яка викладається в I семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів: <ol style="list-style-type: none"> 1. Маніпулювання окремими генами і групами генів. 2. Інженерія геномів. <p>У першому модулі розглядаються принципи маніпулювання окремими генами і групами генів головно <i>in vitro</i>. Розглядаються особливості будови ферментів, які застосовуються як знаряддя генетичної інженерії, а також методи їхнього використання для конструювання векторних та рекомбінантних молекул ДНК.</p> <p>У другому модулі зосереджено увагу на особливостях генної і геномної інженерії окремих груп організмів <i>in vivo</i>, зокрема основна увага зосереджена на сучасних технологіях геномного редагування.</p>
Мета та цілі курсу	Метою викладання навчальної дисципліни «Геномна інженерія» є ознайомлення студентів із основами генної та геномної інженерії.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: <ol style="list-style-type: none"> 1. Федоренко В.О., Остап Б.О., Гончар М.В., Ребець Ю.В. Великий практикум з генетики, генетичної інженерії та

аналітичної біотехнології мікроорганізмів. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 279 с.

2. Федоренко В.О., Черник Я.І., Максимів Д.В., Боднар Л.С. Задачі та вправи з генетики. - Львів: Оріяна-Нова, 2008. – 598 с.
3. Brown T.A. Gene cloning and DNA analysis. An introduction. - Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2016.– 320 p.
4. Clark D.P., Pazdernik N.J. Biotechnology. – Amsterdam : Elsevier Inc., 2012 – 767 p.
5. Dale J.W., von Schantz M., Plant N. From gene to genomes. – Chichester : Wiley-Blackwell, 2012. – 402 p.
6. Glick B.R., Patten C.L. Molecular biotechnology: principles and applications of recombinant DNA. – Washington : ASM Press, 2017. – 740 p.
7. Green M.R., Sambrook J. Molecular cloning. A laboratory manual. – NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, V, 2012. – 2028
8. Patil N., Sivaram A. A complete guide to gene cloning: from basic to advanced - Springer Nature Switzerland AG, 2022. – 177 p.
9. Pevsner J. Bioinformatics and functional genomics. – Chichester: John Wiley & Sons, 2015. – 1161p.
10. Singleton P. Dictionary of DNA and genome technology. – Chichester : John Wiley & Sons Ltd, 2010. – 428 p.

Допоміжна література:

1. Дудна Д., Стернберг С. Зламати ДНК. Редагування генома та контроль над еволюцією – К.: Наш формат, 2019. – 296 с.
2. Сіддгартха Мукерджі. Ген. Надзвичайна історія. – Харків. Книжковий клуб, 2017. – 768 с.
3. CRISPR. Biology and application. Ed. by Barrangou R., Sontheimer E.J., Marraffini L.A. – Washington, DC : ASM Press, Wiley, 2022. – 293 p.
4. CRISPR. Gene Editing. Methods and Protocols. Ed. by Yonglun Luo. - NY: Humana Press, 2019. – 356 p.
5. Happe K.E. The material gene: gender, race, and heredity after the Human genome project. – N.Y. : New York University press, 2013. – 305 p.
6. Homing Endonucleases. Methods and Protocols. Ed. by Edgell D.R. - NY: Humana Press, 2014. – 288 p.
7. Mobile DNA III. Ed. by Craig N.L., Chandler M., Sabatier P., Gellert M., Lambowitz A.M., Rice, P.A., Sandmeyer S. – Washington : ASM Press, 2015. – 1346 p.
8. Synthetic Biology. Ed. by Polizzi K.M., Kontoravdi C. – NY: Humana Press, 2013. – 230 p.
9. TALENs. Methods and Protocols. Ed. by Kuhn R.,Wurst W., Wefers B. – NY: Humana Press, 2016. – 287 p.

	<p>10. Viral Vectors for Gene Therapy. Methods and Protocols. Ed. by Merten O.-W. and Al-Rubeai M. – NY: Humana Press, 2011. – 463 p.</p> <p>11. Watson J.D., Berry A., Davies K. DNA: The story of the genetic revolution - NY: Knopf Doubleday Publishing Group, 2017.- 512 p.</p> <p>12. Yeast Metabolic Engineering. Methods and Protocols. Ed. By Mapelli V. – NY: Humana Press, 2014 – 327 p.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/ 2. https://genomebiology.biomedcentral.com/ 3. https://www.genscript.com/gene_news.html 4. https://redrecombineering.ncifcrf.gov/ 5. https://www.frontiersin.org/journals/genome-editing 6. https://www.journals.elsevier.com/gene-and-genome-editing/ 7. https://home.liebertpub.com/publications/genetic-engineering-and-biotechnology-news 8. https://home.liebertpub.com/publications/the-crispr-journal 9. https://www.qmul.ac.uk/library/library-skills/resource-guides-by-subject/biological-sciences/useful-websites/genetics---useful-websites/
Тривалість курсу	один семестр
Обсяг курсу	180 годин, з яких 64 години аудиторних занять, з них 32 годин лекцій, 16 годин лабораторних занять, 16 годин практичних занять та 116 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК02. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.</p> <p>ЗК03. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)</p> <p>ЗК04. Здатність діяти на основі етичних міркувань (мотивів).</p> <p>ЗК06. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.</p> <p>Фахові компетентності спеціальності:</p> <p>ФК01. Здатність користуватися новітніми досягненнями біології, необхідними для професійної, дослідницької та/або інноваційної діяльності.</p> <p>ФК03. Здатність користуватися сучасними інформаційними технологіями та аналізувати інформацію в галузі біології і на межі предметних галузей.</p> <p>ФК05. Здатність планувати і виконувати експериментальні роботи з використанням сучасних методів та обладнання.</p> <p>ФК10. Здатність використовувати результати наукового пошуку в практичній діяльності.</p> <p>ФК11. Здатність планувати етапи та обирати методи наукового дослідження у сфері генетики, селекції та генетичної інженерії вірусів, прокаріотичних та еукаріотичних організмів.</p> <p>ФК12. Здатність користуватись базами даних, в яких зберігається інформація про структуру геномів та їхню експресію, а також відповідні транскриптоми і протеоми, визначати <i>in silico</i> основні</p>

параметри нуклеотидних та амінокислотних послідовностей, виявляти послідовності геномів, що кодують білки та РНК, а також інші структурні і функціональні ділянки геномів, передбачати і моделювати структуру білків та РНК, складати геноми за даними їх секвенування і здійснювати молекулярно-філогенетичний аналіз.

ФК13. Здатність планувати і аналізувати результати дослідів із виділення і аналізу ДНК, РНК і білків, синтезу ДНК і РНК *in vitro*, конструювання векторних та рекомбінантних молекул ДНК, вивчення експресії трансгенів, визначати об'єкти геномної інженерії, планувати та аналізувати експерименти з редагування геномів.

Програмні результати навчання:

ПР17. Планувати етапи та обирати методи наукового дослідження у сфері генетики, селекції та генетичної інженерії вірусів, прокаріотичних та еукаріотичних організмів.

ПР18. Уміти користуватись базами даних, в яких зберігається інформація про структуру геномів та їхню експресію, а також відповідні транскриптоми і протеоми, визначати *in silico* основні параметри нуклеотидних та амінокислотних послідовностей, виявляти послідовності геномів, що кодують білки та РНК, а також інші структурні і функціональні ділянки геномів, передбачати і моделювати структуру білків та РНК, складати геноми за даними їх секвенування і здійснювати молекулярно-філогенетичний аналіз.

ПР19. Планувати і аналізувати результати дослідів із виділення і аналізу ДНК, РНК і білків, синтезу ДНК і РНК *in vitro*, конструювання векторних та рекомбінантних молекул ДНК, вивчення експресії трансгенів, визначати об'єкти геномної інженерії, планувати та аналізувати експерименти з редагування геномів.

ПР17. Планувати етапи та обирати методи наукового дослідження у сфері генетики, селекції та генетичної інженерії вірусів, прокаріотичних та еукаріотичних організмів.

ПР18. Уміти користуватись базами даних, в яких зберігається інформація про структуру геномів та їхню експресію, а також відповідні транскриптоми і протеоми, визначати *in silico* основні параметри нуклеотидних та амінокислотних послідовностей, виявляти послідовності геномів, що кодують білки та РНК, а також інші структурні і функціональні ділянки геномів, передбачати і моделювати структуру білків та РНК, складати геноми за даними їх секвенування і здійснювати молекулярно-філогенетичний аналіз.

ПР19. Планувати і аналізувати результати дослідів із виділення і аналізу ДНК, РНК і білків, синтезу ДНК і РНК *in vitro*, конструювання векторних та рекомбінантних молекул ДНК, вивчення експресії трансгенів, визначати об'єкти геномної інженерії, планувати та аналізувати експерименти з редагування геномів.

	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>знати: теоретичні основи генетичної інженерії; властивості і способи використання генно-інженерних ферментів; способи створення та методи аналізу рекомбінантних ДНК; способи створення та методи аналізу трансгенних організмів; підходи до редагування геномів і методи генної терапії; теоретичні основи методологічних підходів до геномного редагування прокаріотичних і еукаріотичних організмів, способів конструювання і використання мікроорганізмів, рослин і тварин за допомогою методів генної і геномної інженерії; правила безпеки в конструюванні і використанні трансгенних організмів.</p> <p>вміти: планувати експерименти з молекулярного клонування генів, створення трансгенних організмів; проводити рестрикційний аналіз та будувати фізичні карти молекул ДНК; планувати і аналізувати результати дослідів з гібридизації нуклеїнових кислот, полімеразної ланцюгової реакції, з використанням вірусних систем інтеграції, транспозаз і сайт-специфічних рекомбіназ, систем рекомбінірунгу і програмованих ендонуклеаз, із забезпечення і оцінки ефективності експресії клонованих генів; розв'язувати задачі з генетичної інженерії.</p>
Ключові слова	Ген, геном, генна інженерія, геномна інженерія, вектор, трансгенний організм, редагування генома, генна терапія.
Формат курсу	Очний /заочний.
	Проведення лекцій, практичних робіт та консультації для кращого засвоєння тем.
Теми	Наведено у табл.1.
Підсумковий контроль, форма	Екзамен в кінці семестру. Усний.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Генетика», «Біотехнологія», «Біохімія», «Мікробіологія», «Вірусологія», «Біоінформатика», «Молекулярна генетика», достатніх для сприйняття категоріального апарату.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія, розв'язок задач, підготовка доповідей.
Необхідне обладнання	Персональний комп'ютер, загальноживані комп'ютерні програми і операційні системи, проектор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Практичні заняття: 15 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 15; • Лабораторні заняття: 15 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 15; • Контрольні заміри (модулі): 20 % семестрової оцінки; максимальна кількість балів – 20, у тому числі: <ul style="list-style-type: none"> - за змістовим модулем 1 (теми 1 – 6): за відповідь на теоретичне питання – 5 балів; за розв'язування задачі і складання схем дослідів з генетичної інженерії – 5 балів; усього – 10 балів.

	<ul style="list-style-type: none"> - за змістовим модулем 2 (теми 7 – 16): за відповідь на теоретичне питання – 5 балів; за розв’язування задачі за складання схем дослідів з геномної інженерії – 5 балів; усього – 10 балів. • Екзамен: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів - 50, у тому числі: <ul style="list-style-type: none"> - за відповіді на теоретичні питання – 30 балів, - за розв’язування задачі з геномної інженерії – 10 балів, - за складання і пояснення схем проведення досліджень з генної і геномної інженерії – 10 балів. <p>Підсумкова максимальна кількість балів – 100.</p>
<p>Питання до екзамену</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Предмет геномної інженерії. Генна, геномна та клітинна інженерія. Передумови виникнення і основні етапи розвитку геномної інженерії. 2. Пізнавальне і практичне значення геномної інженерії. Суспільне сприйняття генетичної інженерії, етичні і правові проблеми її використання. 3. Системи рестрикції-модифікації Типу I, III і IV. 4. Системи рестрикції-модифікації Типу II. 5. Принципи використання ендонуклеаз рестрикції Типу II у генетичній інженерії. 6. Умови розщеплення ДНК ендонуклеазами рестрикції. Фракціонування фрагментів ДНК за допомогою електрофорезу. 7. Методи побудови рестрикційних карт. Побудова фізичних карт хромосом (PFGE-карт). 8. Властивості і використання в генетичній інженерії ДНК-ази I, екзонуклеаз I і III, екзонуклеази фага λ, нуклеаз S1 і Bal31. 9. Властивості і використання в генетичній інженерії рибонуклеаз A, T1 і H. 10. Властивості ДНК-полімераз і способи їх використання у генетичній інженерії. ДНК-полімераза I <i>E. coli</i> та її Кленов-фрагмент. 11. ДНК-полімерази бактеріофагів T4 і T7. 12. РНК-залежні ДНК-полімерази (зворотні транскриптази). Синтез кДНК за допомогою зворотної транскриптази. 13. Властивості РНК-полімераз та способи їх використання у генетичній інженерії. 14. Полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР). Принцип ПЛР. Цикли ПЛР. 15. Характеристика ДНК-полімераз, які використовуються у ПЛР. 16. Різновиди ПЛР та особливості їх застосування. ПЛР в реальному часі. 17. Принципи проведення молекулярної гібридизації нуклеїнових кислот. Умови денатурації та реасоціації ланцюгів нуклеїнових

кислот.

18. Радіоактивні і нерадіоактивні мітки ДНК та методи їх внесення і виявлення.
19. Варіанти гібридизації нуклеїнових кислот. ДНК-ДНК гібридизація за Саузерном. Northern-блот-гібридизація.
20. Гібридизація нуклеїнових кислот *in situ*. Технологія ДНК-мікроматриць.
21. Основні властивості векторних молекул. Класифікація векторних молекул.
22. Способи конструювання плазмідних векторів. Вектори на основі репліконів плазмід ColE1 і рМВ1.
23. Способи конструювання і селекції рекомбінантних ДНК на основі плазмідних векторів.
24. Штучні дріжджові та бактерійні хромосоми.
25. ТА- і Торо-клонування.
26. Методи клонування, незалежні від лігування *in vitro*.
27. Gateway-клонування.
28. Мультисегментне збирання з використанням BioBricks.
29. Метод Golden Gate.
30. Ізотермічне збирання сегментів ДНК за методом Гібсона.
31. Мультисегментне збирання з використанням лігазної циклічної реакції (LCR).
32. Основні особливості, переваги і недоліки вірусних векторів.
33. Особливості генома бактеріофага λ як основи для конструювання векторів. Типові вектори на основі бактеріофага λ . Способи селекції рекомбінантних λ -фагів.
34. Косміди. Створення космідних бібліотек геномів. Системи пакування λ -ДНК *in vitro*.
35. Будова генома і цикл розвитку бактеріофага M13. Будова і використання фагмід.
36. Порівняльна характеристика векторів на основі вірусів тварин і рослин.
37. Будова і життєвий цикл ретровірусів. Геноми ретровірусів. Генوم вірусу імунодефіциту людини HIV-1.
38. Будова зворотної транскриптази та інтегрази HIV-1. Механізм зворотної транскрипції та інтеграції HIV-ДНК в клітинну ДНК.
39. Загальні принципи конструювання і використання ретровірусних векторів. Переваги і недоліки ретровірусних систем. Системи векторів на основі HIV-1.
40. Будова генома аденоасоційованих (AAV) вірусів як основи для конструювання векторів. Конструювання і використання векторів на основі AAV.
41. Генна терапія за допомогою векторів на основі лентивірусів і

- AAV. Проблеми генної терапії на основі вірусних векторів. Шляхи вдосконалення вірусних векторів.
42. Класифікація транспозонів. Основні хімічні реакції, які каталізують транспозази.
 43. Ефекти транспозонів. «Життєвий цикл» транспозона. Регуляція і контроль транспозиції.
 44. Будова транспозонів Tn5 і Tn3.
 45. Основні механізми транспозиції: нереплікативна, реплікативна, кон'югативна.
 46. Tn7 і Tn7-подібні транспозони. Tn7-подібні транспозони, які містять CRISPR-Cas-системи.
 47. Характеристика суперродини транспозонів ITm (*Tc1/mariner*).
 48. Реконструкція і структура транспозона *Sleeping beauty*.
 49. Механізм ексцизії та інсерції транспозонів *Tc1/mariner* на прикладі транспозона *Sleeping Beauty*. Роль білків клітини господаря в транспозиції *Sleeping beauty*.
 50. Транспозон *piggyBac*. Механізи ексцизії та інсерції *piggyBac*.
 51. Використання *Sleeping beauty* і *PiggyBac* в геномній інженерії. Переваги і недоліки їх використання.
 52. Порівняння транспозонів і вірусів як знарядь геномної інженерії. Гібридні транспозон-вірусні вектори.
 53. Каспозони. Системи Cas-транспозон (CRISPR-Tn).
 54. Бінарні векторні системи транспозиції. Параметри, за якими оцінюють ефективність використання транспозонів в геномній інженерії.
 55. Особливості, переваги, недоліки транспозонного мутагенезу.
 56. Вектори для транспозонного мутагенезу.
 57. Схема проведення транспозонного мутагенезу, аналізу і використання його результатів.
 58. Типи сайт-специфічних рекомбіназ. Структура і механізм дії сайт-специфічних рекомбіназ. Регуляція експресії сайт-специфічних рекомбіназ.
 59. Сайт-специфічні рекомбінази Cre і Flp. Рекомбінаційні процеси, які каталізують Cre- і Flp-рекомбінази.
 60. Способи використання Cre- і Flp-рекомбіназ. Конструювання «безмаркерних» штамів з делеціями та інтеграціями генів; отримання незворотних Cre/*loxP*-, Flp/*FRT*-залежних інсерцій та інверсій.
 61. Сайт-специфічна інтеграза бактеріофага ϕ C34 і принцип її використання в геномній інженерії.
 62. Принцип рекомбіногенної інженерії. Гомологічна рекомбінація як основа рекомбінірингу.
 63. Механізм RecBCD- і RecF-залежної гомологічної рекомбінації.

64. Red-система бактеріофага λ і принципи її застосування у рекомбінірингу.
65. RecET-система гомологічної рекомбінації лямбдоїдного профага λ і її застосування у рекомбінірингу.
66. Основні варіанти застосування рекомбінірингу. Делеції генів у хромосомі за допомогою рекомбінірингу. Пряме клонування ДНК і субклонування за допомогою рекомбінірингу.
67. Принцип мультиплексної автоматизованої геномної інженерії (MAGE). Основні параметри, переваги і недоліки MAGE.
68. Природа хоумінгу. Розповсюдженість і номенклатура хоумінгових нуклеаз. Структура хоумінгових нуклеаз. Сайти в ДНК, на які діють хоумінгові нуклеази.
69. Використання хоумінгових нуклеаз для індукування гомологічної та негомологічної рекомбінації і генного таргетингу. Переваги і недоліки використання хоумінгових нуклеаз.
70. Репарація двониткових розривів ДНК за механізмами гомологічної рекомбінації і «з'єднання негомологічних кінців».
71. Принцип використання програмованих нуклеаз в геномній інженерії. Властивості ендонуклеази FokI, важливі для її використання в програмованих нуклеазах.
72. «Цинкові пальці» як структурні мотиви білків, що використовуються в геномній інженерії.
73. Нуклеази на основі ZFP – ZFN. Способи забезпечення специфічності ZFN. Види редагування генома, які виконують за допомогою ZFN.
74. Будова і властивості нуклеаз на основі TAL-ефекторних білків.
75. Дизайн і способи використання TALEN. Фактори, які впливають на ефективність ZFN і TALEN.
76. Відкриття систем CRISPR-Cas. Принцип функціонування систем CRISPR-Cas. Значення систем CRISPR-Cas для прокариотів.
77. Розповсюдженість, класифікація і номенклатура систем CRISPR-Cas.
78. Склад і функції продуктів основних груп генів CRISPR-Cas-систем. Основні функціональні модулі CRISPR-Cas.
79. Організація систем CRISPR-Cas класу 1.
80. Система CRISPR-Cas типу I. Інтерференція за участю комплексу Cascade.
81. Системи CRISPR-Cas типу III, націлені на РНК і ДНК. Інтерференція за участю Cas10 і Csm6.
82. Організація систем CRISPR-Cas класу 2.
83. Будова і механізм дії нуклеази Cas9. Інтерференція за участю нуклеази Cas9.

84. Системи CRISPR-Cas типу типу V. Cas12. Інтерференція за участю Cas12.
85. Системи CRISPR-Cas типу VI, націлені на РНК. Інтерференція за участю Cas13.
86. Механізм CRISPR-Cas адаптації. Набуття спейсерів. «Проста» і «праймована» адаптація.
87. Механізми запобігання автоімунної відповіді при функціонуванні систем CRISPR-Cas.
88. Будова і механізм дії анти-CRISPR-Cas (Acr) білки. Їх значення для технологій, заснованих на використанні CRISPR-Cas.
89. Принципи і основні етапи технологій геномного редагування за допомогою систем CRISPR-Cas.
90. Фактори, які впливають на ефективність CRISPR-Cas – редагування.
91. Вибір Cas-білків для редагування геномів. Властивості і використання білків nCas і dCas.
92. Дизайн sgРНК.
93. Стратегії мінімізації нецільових ефектів геномного редагування за допомогою CRISPR-Cas-систем.
94. Нокауті і заміщення генів за допомогою систем CRISPR-Cas
95. Хромосомна інженерія за допомогою систем CRISPR-Cas.
96. Редагування азотистих основ і програмований сплайсинг за допомогою CRISPR – Cas-систем.
97. Регуляція транскрипції і редагування епігеному за допомогою CRISPR –Cas-технологій.
98. Використання CRISPR-Cas-систем у генетичному скринінгу і картуванні.
99. Використання CRISPR –технологій в антивірусній і антибактерійній терапії.
100. Застосування CRISPR-Cas систем для діагностики і генної терапії захворювань.
101. Використання CRISPR-Cas систем для конструювання об'єктів біотехнології.
102. Основні принципи і методичні підходи у синтетичній біології, спрямованій на дизайн і редагування геномів. Відмінності між нативними і синтетичними геномами.
103. Основні методи хімічного і хіміко-ферментативного синтезу олігонуклеотидів, генів і регуляторних елементів генома.
104. Складання синтетичних геномів з фрагментів. Виявлення і виправлення помилок при складанні синтетичних геномів.
105. Трансплантація синтетичних геномів.
106. Реструктуризація нативних геномів методами геномної

	<p>інженерії. Синтетичні геноми з підвищеною стабільністю та іншими корисними особливостями.</p> <p>107. Репрограмування генетичного коду. Варіанти заміни кодонів: супресія нонсенс-кодонів, компресія синонімічних кодонів.</p> <p>108. Основні підходи до інженерії ортогональних систем синтезу білка.</p> <p>109. Концепція мінімального генома. Конструювання організмів з мінімальним синтетичним геномом.</p> <p>110. Застосування підходів синтетичної біології для вивчення теоретичних проблем біології та конструювання об'єктів біотехнології.</p> <p>111. Основні підходи для забезпечення ефективної експресії трансгенів. Будова векторів експресії.</p> <p>112. Методи вивчення гетерологічної експресії генів. Використання репортерних генів для аналізу експресії генів.</p> <p>113. Тетрациклін-індуцибельні системи контролю експресії генів і їх використання у векторах для геномної інженерії.</p> <p>114. Оптимізація експресії клонованих генів за рахунок зміни їх кодонного складу, стабілізації мРНК і рекомбінантних білків.</p> <p>115. Генетична стабільність трансгенних організмів.</p> <p>116. Правила безпеки при конструюванні і використанні трансгенних організмів.</p> <p>117. Трансгенні організми і проблема збереження і відновлення біологічного різноманіття. Використання генетичної інженерії у природоохоронному менеджменті.</p> <p>118. Генна терапія, геномне редагування і проблема охорони генофонду людини.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Геномна інженерія»

Тиж-день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Додаткова література / ресурс для виконання завдань (за потреби)	Термін виконання
Модуль 1. Маніпулювання окремими генами і групами генів.				
1	Предмет, етапи розвитку і значення генної та геномної інженерії.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 6 год		1 тиждень
2	Властивості нуклеаз та способи їх використання у	Лекції – 2 год, лаборат. заняття – 4, самостійна робота – 8 год		1 тиждень


	генетичній інженерії.			
3	Властивості ДНК- і РНК-полімераз та способи їх використання у генетичній інженерії.	Лекції – 2 год, лаборат. заняття – 4, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
4	Молекулярна гібридизація нуклеїнових кислот.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
5,6	Конструювання і селекція рекомбінантних молекул ДНК. Плазмідні вектори. Пост-Коен-Бойер методи.	Лекції – 4 год, лаборат. заняття – 4, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
Модуль 2. Інженерія геномів.				
7	Вектори на основі бактеріофагів.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
8	Вектори на основі вірусів тварин.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 10 год		1 тиждень
9	Транспозони як знаряддя геномної інженерії.	Лекції – 2 год, лаборат. заняття – 4, самостійна робота – 10 год		1 тиждень
10	Сайт-специфічні рекомбінази та їх використання у геномній інженерії.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
11	Рекомбініринг у геномній інженерії.	Лекції – 2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
12	Хоумінгові і програмовані нуклеази ZFN і TALEN та їх використання в геномній інженерії.	Лекції – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
13,14	Системи набутої імунності бактерій CRISPR-Cas. Геномна інженерія за допомогою	Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год, самостійна робота – 10 год		2 тижні

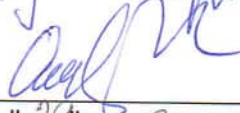
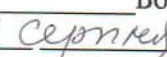
	систем CRISPR-Cas.			
15	Синтетичні гени і геноми.	Лекції –2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень
16	Експресія трансгенів.	Лекції –2 год, практ. заняття – 2 год, самостійна робота – 8 год		1 тиждень

Автор


Віктор ФЕДОРЕНКО

"Погоджено"
Голова методичної ради
біологічного факультету


Віталій ГОНЧАРЕНКО
" 14 "  2024 р.


Гарант ОПП
Богдан ОСТАШ
" 29 "  2024 р.