

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 № 17 від «29» серпня 2025 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 G21 Біотехнології та біоінженерія

| | |
|--|--|
| Назва курсу | Геномна 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 | G Інженерія, виробництво та будівництво, G21 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 G21 «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: 1. Маніпулювання окремими генами і групами генів. 2. Інженерія геномів. 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. 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. |
| 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: 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 рекомбінірування і програмованих ендонуклеаз, із забезпечення і оцінки ефективності експресії клонуваних 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: 10 % семестрової оцінки: доповіді на практичних заняттях за результатами самостійної роботи на обрану тему – 8 балів, участь в обговоренні доповідей – 2 бали максимальна кількість балів – 10; • Лабораторні заняття: 20 % семестрової оцінки: виконання лабораторної роботи і захист результатів лабораторної роботи - 5 балів, всього 4 роботи; максимальна кількість балів – 20; • 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. - 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. Геном 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 суперродина 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

| | |
|-------------------|---|
| | <p>і виправлення помилок при складанні синтетичних геномів.</p> <p>105. Трансплантація синтетичних геномів.</p> <p>106. Реструктуризація нативних геномів методами геномної 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 генетичній інженерії. | Лекції – 2 год, лаборат. заняття – 4, самостійна робота – 8 год | | 1 тиждень |
| 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 | Лекції – 4 год, практ. заняття – 4 год, | | 2 тижні |

| | | | | |
|----|--|--|--|-----------|
| | CRISPR-Cas. Геномна інженерія за допомогою систем CRISPR- Cas. | самостійна робота – 10 год | | |
| 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
"29" _____ 2025 р.



Гарант ОПП
Богдан ОСТАШ
"29" _____ 2025 р.