



## МОЛЕКУЛЯРНА БІОТЕХНОЛОГІЯ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 – Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 - Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 год/4 кредитів ЄКТС: 36 год лекцій, 18 год практичних, 18 год лабораторних
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік, МКР
Розклад занять	<a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції: ст. викл. кафедри біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології Овчаренко Ольга Олександрівна, email: <a href="mailto:ovcharenkooo77@gmail.com">ovcharenkooo77@gmail.com</a> , практичні - к.т.н., ст.вик., Левтун Ігор Ігорович, <a href="mailto:kharn7428@gmail.com">kharn7428@gmail.com</a> , тел. 0675389990 лабораторні – доц. Маринченко Л.В., ас. Колтишева Д.В. <a href="mailto:marynchenko.lolita@ill.kpi.ua">marynchenko.lolita@ill.kpi.ua</a> , <a href="mailto:koltysheva.dina@ill.kpi.ua">koltysheva.dina@ill.kpi.ua</a>
Розміщення курсу	Платформа Сікорський: <a href="https://do.ipu.kpi.ua/course/">https://do.ipu.kpi.ua/course/</a> Електронний Кампус Код класу: ill4owi (Google classroom)

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Молекулярна біотехнологія є комплексною галуззю сучасної науки та виробництва, що охоплює широкий спектр задач та розвивається, вирішуючи різноманітні проблеми. Курс демонструє розвиток молекулярної біотехнології, знайомить з її наріжними методиками та успіхами, завдяки яким, сьогодні на ринку вже наявні сотні нових терапевтичних агентів, діагностичних тестів і вакцин, і велика кількість ще знаходиться у розробці. РНК-вакцини від COVID-19, які були виготовлені в рекордно короткі терміни та вперше схвалені регулюючими органами в усьому світі для контролю над руйнівною глобальною пандемією, також є продуктом створеним на основі методів молекулярної біотехнології. Молекулярна біотехнологія стимулювала прогрес у молекулярній діагностиці. Технології ДНК стали наріжним каменем сучасної криміналістики, тестування на батьківство та визначення походження. Вже існують сотні видів генетично модифікованих рослин, що мають покращену врожайність і нові властивості, десятки цих трансгенних рослин уже комерціалізовані, а багато інших знаходяться в роботі. Молекулярна біотехнологія заклала підвалини для практичного застосування досягнень генетичної інженерії для генної терапії низки невиліковних до цього захворювань. Продукція фармацевтично цінних білків не лише у мікроорганізмах, але і в різних органах сільськогосподарських рослин, молоці або яйцях сільськогосподарських тварин вже стали реальністю.

Даний курс надає можливість студентам розглянути проблемні питання, що постають перед сучасною молекулярною біотехнологією, а також шляхи їх вирішення, які пропонують науковці та

практики. Здобувачі формуватимуть компетентності до інноваційних біотехнологій; до пошуку, обробки та аналізу інформації щодо створення генетичних конструкцій з перспективними рекомбінантними генами та їх введення в клітину виду-господаря; до критичного оцінювання проблемних питань та ситуацій при реалізації технологічних процесів виробництва біотехнологічних продуктів на основі методів молекулярної біотехнології.

**Метою** дисципліни є ознайомлення з основними методами молекулярної біотехнології та окреслення широти сфер застосування цієї дисципліни, формування підходів до створення нових біотехнологій з використанням технології рекомбінантних ДНК.

**Предметом** дисципліни є технології рекомбінантних ДНК, основні біологічні системи, використовувані в молекулярній біотехнології, та власне молекулярна біотехнологія про- та еукаріотичних систем, проблемні питання розробки та технологій створення молекулярно-біотехнологічних продуктів, а також напрямки їх розв'язання.

Дисципліна сприяє формуванню у студентів таких компетентностей як:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу при розробці нових біотехнологічних підходів;
- здатність генерувати нові ідеї, проводити наукові дослідження на відповідному рівні; виконувати оригінальні дослідження в галузі молекулярної біотехнології;
- здатність критичного осмислення та адаптації новостворених біотехнологій;
- здатність критично оцінювати отримані результати та рекомендувати альтернативні рішення для вирішення проблемних питань молекулярної біотехнології;
- здатність розробляти нові та вдосконалювати існуючі молекулярні біотехнології.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

**знання:**

- проблемних питань сучасної молекулярної біотехнології та господарсько-цінних продуктів отриманих на основі молекулярної біотехнології, сфер їхнього застосування (створення і застосування сучасних методів молекулярної діагностики, продукція лікарських препаратів та вакцин, природний синтез біополімерів, біодеградація токсичних сполук та переробка біомаси, синтез біоінсектицидів, основи методології генетичної інженерії рослин та тварин і галузей її застосування, підходів до молекулярної генетики людини в комплексі з генною терапією);
- сучасних методів ведення науково-дослідних робіт при створенні продуктів молекулярних біотехнологій;
- потенційних загроз та ризиків впровадження трансгенних технологій;

**уміння:**

- орієнтуватися в основних питаннях молекулярної біотехнології;
- пошуку і аналізу літератури з проблемних питань молекулярної біотехнології;
- застосовувати сучасні технології та інструменти молекулярної біотехнології для обробки та аналізу інформації в цій галузі;
- розробляти нові та вдосконалювати існуючі біотехнології для виробництва практично цінних продуктів з використанням підходів молекулярних біотехнологій;
- критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо розробки нових біотехнологічних підходів;
- розв'язувати системні та спеціалізовані проблеми у галузі молекулярної біотехнології.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення дисципліни базується на знаннях студентів з мікробіології та вірусології, генетики, біохімії, хімії, біології клітини, біофізики, загальної біотехнології. Для користування іноземними

джерелами інформації з дисципліни студенти повинні володіти іноземною мовою для наукової діяльності.

Знання та вміння, набуті після вивчення дисципліни, можуть використовуватися бакалаврами при підготовці випускних дипломних робіт, опрацюванні та аналізі проблемних питань з різних напрямків біотехнології та біоінженерії.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Основи молекулярної біотехнології.

Тема 2. Молекулярна біотехнологія мікробіологічних систем.

Тема 3. Молекулярна біотехнологія еукаріотичних систем.

Тема 4. Контроль досліджень в галузі молекулярної біотехнології та патентування біотехнологічних винаходів.

### 4. Навчальні матеріали та ресурси

#### **Базова література**

1. Glick B. R., Patten C. L. *Molecular biotechnology: principles and applications of recombinant DNA*. 6<sup>th</sup> ed. – John Wiley & Sons, 2022. - 877 p.
2. Alberts B. *Molecular biology of the cell*. – Garland science, 2017.

#### **Додаткова література**

3. Neumann K.-H., Kumar A., Imani J. *Plant Cell and Tissue Culture - A Tool in Biotechnology. Basics and Application*. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.- 333 p.
4. Bhojwani S.S., Razdan M.K. *Plant Tissue Culture: Theory and Practice, a Revised Edition* - Elsewie, 1996.- 767 p.
5. *Plant propagation by tissue culture / 3rd Edition Volume 1. The Background /Edited by George E. F., Hall M. A., De Klerk G.-J..- Springer, 2008.- 501 p.*
6. *Plant tissue culture engineering. Focus on biotechnology / Edited by D. Gupta and Y. Ibaraki, Springer.- 2008.- 480 p.*
7. *Biopharmaceuticals in plants.: toward the next century of medicine / Hefferon K. L. - Taylor and Francis Group, 2010.- 211 p.*
8. *Основи молекулярної біології-1.Молекулярна біологія ДНК: Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» / А. І. Степаненко, О. Р. Лахнеко, Л. В. Маринченко, М. О. Банникова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, Інститут клітинної біології та генетичної інженерії. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,79 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 70 с*
9. Moradpour, M. and Abdulah, S.N.A. (2020), CRISPR/dCas9 platforms in plants: strategies and applications beyond genome editing. *Plant Biotechnol J*, 18: 32-44. <https://doi.org/10.1111/pbi.13232>
10. Zhu, Haocheng; Li, Chao; Gao, Caixia. Applications of CRISPR–Cas in agriculture and plant biotechnology. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 2020, 21.11: 661-677.
11. Puchta, Holger. Applying CRISPR/Cas for genome engineering in plants: the best is yet to come. *Current opinion in plant biology*, 2017, 36: 1-8.
12. Mao, Yanfei, et al. Application of the CRISPR–Cas system for efficient genome engineering in plants. *Molecular plant*, 2013, 6.6: 2008-2011
13. Zaidi, Syed Shan-e-Ali, et al. Engineering crops of the future: CRISPR approaches to develop climate-resilient and disease-resistant plants. *Genome biology*, 2020, 21.1: 1-19
14. Sabzehzari, M., Zeinali, M., & Naghavi, M. R. (2020). CRISPR-based metabolic editing: Next-generation metabolic engineering in plants. *Gene*, 759, 144993. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2020.144993>
15. Gunasekaran, B., & Gothandam, K. M. (2020). A review on edible vaccines and their prospects. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 53. <https://doi.org/10.1590/1414-431X20198749>

16. Shanmugaraj B, I. Bulaon CJ, Phoolcharoen W. Plant Molecular Farming: A Viable Platform for Recombinant Biopharmaceutical Production. *Plants*. 2020; 9(7):842.

<https://doi.org/10.3390/plants9070842>

### Інформаційні ресурси

EMBL – база даних усіх розшифрованих нуклеотидних послідовностей (ДНК і РНК) Європейської молекулярно-біологічної лабораторії при Європейському інституті біоінформатики  
<https://www.embl.org/>

Основний інструмент пошуку нуклеотидних та поліпептидних послідовностей BLAST.  
<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>

UniProt – база даних, що містить амінокислотні послідовності білків.  
<https://www.ebi.ac.uk/uniprot/index>

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 120 годин: 36 год лекцій (18 занять), 18 год практичних (9 занять з них 1 заняття (2 год) виділяється на залік та 1 заняття на МКР) та 18 (9 занять) лабораторних занять. Практичні заняття проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни і набуття студентами умінь і досвіду оперування сучасними поняттями молекулярної біотехнології.

Методи навчання: пояснювально-ілюстрований (мультимедійні лекції з елементами дискусійного спілкування зі здобувачами), репродуктивний, дослідницький, частково-пошуковий (самостійна робота пошукового характеру, робота з літературою). Використовуються наступні методи навчання: • словесні – розповідь, пояснення, бесіда, інструктаж, лекція, дискусія; • наочні – демонстрація відеофільмів, наочного обладнання, ілюстрацій; • практичні методи – практичні роботи; • індуктивні методи – узагальнення результатів пошуку та дослідження.

Тиждень	Тематика та заняття
Тема 1. Основи молекулярної біотехнології	
1	<b>Лекція 1.</b> Предмет «Молекулярна біотехнологія» Що ж таке молекулярна біотехнологія? Винайдення технології рекомбінантних ДНК. Історія розвитку молекулярної біотехнології. Зв'язок молекулярної біотехнології з іншими науковими галузями. Сфери застосування і значення молекулярної біотехнології. Комерціалізація молекулярної біотехнології. Література: <b>1, 2, 6, 7</b>
2	<b>Лекція 2.</b> Повторення основних принципів реплікації, транскрипції, трансляції, процесінгу (ДНК і білків) Структура ДНК. Реплікація. Розшифровка генетичної інформації РНК і білок. Трансляція. Регуляція транскрипції у бактерій. Регуляція транскрипції у еукаріот. Література: <b>1, 2</b>
3	<b>Лекція 3.</b> Технологія рекомбінантних ДНК

	Рестрикційні ендонуклеази. Плазмідні вектори. Створення і скринінг бібліотек. Клонування структурних генів еукаріот. Вектори для клонування великих фрагментів ДНК. Генетична трансформація прокаріот. Література: <b>1, 2</b>
4	<b>Лекція 4.</b> Хімічний синтез, визначення нуклеотидної послідовності та ампліфікація ДНК Хімічний синтез ДНК. Методи секвенування ДНК. Полімеразна ланцюгова реакція. Кількісна ПЛР. Синтез генів за допомогою ПЛР. Література: <b>1, 2</b>
5	<b>Лекція 5.</b> Оптимізація експресії генів при клонуванні в прокаріотичних системах Сильні промотори, що регулюються, та їх використання для модифікації експресії генів. Химерні білки. Однонаправлене тандемне розташування генів. Трансляційні експресуючі вектори. Стабілізація білків. Зменшення деградації протеїну. Ріст продуцента в умовах нестачі кисню. Інтеграція чужинної ДНК в хромосому господаря. Підвищення ефективності секреції. Метаболічна перегрузка. Література: <b>1, 2</b>
6	<b>Лекція 6.</b> Отримання рекомбінантних білків в еукаріотичних системах Системи експресії у дріжджах. Вектори експресії для <i>Saccharomyces cerevisiae</i> . Промотори векторів експресії для <i>S. cerevisiae</i> . Інтегруючі вектори. Штучні хромосоми дріжджів. Секреція гетерологічних білків <i>S. cerevisiae</i> . Сигнальні пептиди. Конформаційне згортання білків. Компартменталізація протеїну. Інші системи експресії у грибах. Експресія в пліснявих грибах. Системи експресії клітин бакуловірусу комах. Системи експресії у клітинах ссавців (Дизайн векторів. Сигнали транскрипції. Сигнали трансляції. Вибір маркерів для експресійних векторів ссавців. Підвищення життєздатності клітин-господаря. Підвищення секреції білка). Білкова інженерія. Спрямований мутагенез. Випадковий мутагенез. Приклади білкової інженерії. Література: <b>1, 2</b>
7	<b>Лекція 7.</b> CRIPR/CAS, TALEN, Zink-fingers системи редагування генів Характеристика системи CRISPR-Cas редагування геному. Особливості механізму дії та відмінності від інших систем редагування (TALEN, Zink-fingers). Можливості системи CRISPR/Cas у редагуванні геномів. Способи доставки CRISPR/Cas в клітину. Недоліки методу. Література: <b>1, 9-13</b>
8	<b>Лекція 8.</b> Направлений мутагенез та генна інженерія білків Методика направлено мутагенезу. Олігонуклеотид-направлений мутагенез з використанням ДНК фага M13, олігонуклеотид-направлений мутагенез з використанням плазмідної ДНК, олігонуклеотид-направлений мутагенез з використанням ПЛР-ампліфікації, випадковий мутагенез з використанням "вироджених" олігонуклеотидних праймерів, випадковий мутагенез з використанням аналогів нуклеотидів. Генна інженерія білків (утворення додаткових дисульфідних зв'язків, заміна аспарагіна на інші амінокислоти, зменшення числа вільних сульфгідрильних груп, підвищення ферментативної активності, зміна потреби ферментів у металевих кофакторах, зміна специфічності фермента, підвищення стабільності і специфічності фермента) . Література: <b>1, 2</b>
<b>Тема 2. Молекулярна біотехнологія мікробіологічних систем</b>	
9	<b>Лекція 9.</b> Молекулярна біотехнологія мікробіологічних систем. Використання мікроорганізмів при отриманні комерційних продуктів Рестрикційні ендонуклеази. Малі біологічні молекули. Амінокислоти. Індіго. Лікопен. Антибіотики. Біополімери. Стійкість до розчинників та їх продукція. Системи метаболічної інженерії для поліпшення виходу продуктів. Ліпіди з <i>Cyanobacteria</i> . Продукція водню. Білки одноклітинних організмів. Література: <b>1, 2</b>
10	<b>Лекція 10.</b> Вакцини. Виробництво лікарських засобів Вакцинація. Сучасне і майбутнє вакцинації. Субодиничні і пептидні вакцини. Генетична імунізація: ДНК вакцини. Сфери застосування. Доставка. Інженерія атенуєваних вакцинних штамів. Векторні вакцини. Системи доставки антигенів. Пасивна імунізація моноклональними антитілами. Їстівні вакцини. Молекулярне фермерство. Література: <b>1, 15, 16</b>

11	<b>Лекція 11.</b> Біодеградація токсичних сполук та утилізація біомаси Деградація ксенобіотиків за допомогою мікроорганізмів. Метаболічні шляхи біодеградації ксенобіотиків, створені методи генетичної інженерії. Переробка пластику. Переробка і використання крохмалю і цукрів. Комерційна продукція фруктози і спиртів. Підвищення їх продукції. Утилізація целюдози і геміцелюлози. Пряма конверсія біомаси в етанол. Виробництво спирту за допомогою <i>Zyotomonas mobilis</i> . Література: <b>1</b>
12	<b>Лекція 12.</b> Мікроорганізми та рослини. Стимулюючий вплив. Мікробні інсектициди Азотфіксація. Вплив нітрогенази. Вплив гідрогенази. Утворення бульбочок у симбіотрофних азотфіксаторів. Біоконтроль патогенних мікроорганізмів. Стимуляція росту рослин вільноживучими мікроорганізмами. Токсин <i>Bacillus thuringensis</i> . Біоконтроль комах за допомогою бакуловірусів. Література: <b>1</b>
13	<b>Лекція 13.</b> Промисловий синтез білків рекомбінантними мікроорганізмами Ріст мікроорганізмів. Підвищення ефективності ферментації. Біореактори. Типові великомасштабні системи ферментації. Збір клітин. Руйнування клітин. Подальша обробка. Література: <b>1</b>
<b>Тема 3. Молекулярна біотехнологія еукаріотичних систем</b>	
14	<b>Лекція 14.</b> Генетична інженерія рослин. Методологія Створення трансгенних рослин. Методи генетичної трансформації: агробактеріальна, пряма (біобалістична, електропорація, за допомогою ПЕГ), вірусні вектори, наночастинки та інше. . Транз'єнтна експресія білків у рослинах. Література: <b>1, 3-7</b>
15	<b>Лекція 15.</b> Трансгенні рослини. Основні напрямки генетичної трансформації рослин. Стратегії створення рослин стійких до вірусів Продукція в рослинах фармацевтично-цінних речовин (білкових сполук, зокрема вакцин) та інженерія шляхів біосинтезу цінних вторинних метаболітів. Інженерія стійкості до абіотичних та біотичних стресів. Шляхи створення стійкості до вірусів у рослин: природні гени стійкості, стійкість пов'язана з компонентами збудника, PR-білками, РНКазами. Література: <b>1, 3-7, 9, 10, 13</b>
16	<b>Лекція 16.</b> Трансгенні тварини Методології створення трансгенних тварин. Тваринні моделі для вивчення захворювань людини.Тварини як біореактори для виробництва рекомбінантних терапевтичних білків.Поліпшення продуктивних властивостей сільськогосподарських тварин. Гени для викорінення захворювань, що передаються переносниками. Література: <b>1</b>
17	<b>Лекція 17.</b> Молекулярна генетика людини. Генна терапія Генетичне зчеплення та картування генів. Побудова генетичних карт хромосом людини. картування локусів генетичних захворювань в певних районах хромосоми. Фізичне картування геному людини. Клонування генів захворювань людини. Сиквенування геному людини. Генна терапія людини ex vivo та in vivo. Вірусні та невірусні способи доставки гена в клітину людини. Ліки на основі олігонуклеотидів. Література: <b>1</b>
<b>Тема 4. Контроль досліджень в галузі молекулярної біотехнології та патентування біотехнологічних винаходів. Література: 1</b>	
18	<b>Лекція 18.</b> Контроль застосування біотехнологічних методів. Патентування біотехнологічних винаходів Контроль експериментів з використанням рекомбінантних ДНК. Контроль за виробництвом і споживанням харчових продуктів та харчових добавок. Контроль генетично модифікованих організмів, що призначені для вивільнення в оточуюче середовище. Небезпеки генної терапії людини. Загальні питання патентування. Патентування в різних країнах. Патентування ДНК послідовностей. Патентування багатоклітинних організмів. Вплив патентування на фундаментальні дослідження. Література: <b>1</b>

## Практичні заняття

Основні завдання циклу семінарських занять з дисципліни «Молекулярна біотехнологія» є формування у студентів вміння орієнтуватися в сучасних методиках досліджень, що застосовують на сьогодні у галузі біотехнології; здійснювати лабораторні та виробничі процедури із біооб'єктами;

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання (дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати, комп'ютерні та мультимедійні засоби для виконання творчих завдань)

№ з/п	Теми семінарських занять	Кількість ауд. годин
1.	Повторення основних принципів реплікації, транскрипції, трансляції, процесінгу (ДНК і білків). Задачі та розрахунки. Доповіді за темами лекцій 1-3. <b>Література: 1, 2</b>	4
2.	Визначення нуклеотидної послідовності та ампліфікація ДНК. Розрахунки положення, розмірів, активності генів за результатами електрофорезу. Доповіді за темами лекцій 4-8. <b>Література: 1, 2</b>	4
3.	МКР 1	1
4.	Основні принципи регуляції метаболічних шляхів. Створення схем реалізації транскрипції та трансляції. Доповіді за темами лекцій 9-13. <b>Література: 1, 2</b>	4
5.	Лабораторне обладнання і його розрахунки. Доповіді за темами лекцій 14-17. <b>Література: 1, 2</b>	2
6.	МКР 2	1
7.	Залік	2

## Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять:

- студенти повинні освоїти важливі для молекулярної біотехнології методи,
- навчитися працювати з лабораторним обладнанням та реактивами;

№	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. год
1	Техніка безпеки під час виконання лабораторних робіт з молекулярної біотехнології <b>Література: 1, 8</b>	2
2	Візуальна оцінка флуоресценції зеленого флуоресцентного білка <b>Література: 1, 8</b>	2
3	Виділення загальної ДНК з рослинного матеріалу (ЦТАБ метод) <b>Література: 1, 8</b>	2
4.	Полімеразна ланцюгова реакція для ампліфікації послідовностей нуклеотидів <b>Література: 1</b>	2
5	Електрофоретичне дослідження загальної ДНК та ампліфікованих послідовностей <b>Література: 1, 8</b>	2
6	Спектрофотометричне дослідження тотальної фракції ДНК <b>Література: 1, 3-7</b>	2



7-8	Ознайомлення з напрямками досліджень Інституту клітинної біології та генетичної інженерії в лабораторіях інституту Література: <b>1, 8</b>	4
9	Звітування про виконання проведених лабораторних робіт Література: <b>1, 8</b>	2

Лабораторна робота 7-8. 53

## 6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу за цим курсом відводиться 48 год. Види самостійної роботи:

- підготовка до аудиторних занять (38 год)
- підготовка до модульного контролю (4 год)
- підготовка до заліку (6 год).

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- **правила відвідування занять:** вільне відвідування лекцій та обов'язкова присутність на практичних заняттях. У разі відсутності на практичних заняттях студент повинен надати підтвердження поважних причин, а у іншому разі він не отримає балів за відповіді на практичних;
- **правила поведінки на заняттях:** активність, відключення телефонів;
- **політика дедлайнів та перескладань:** у разі відсутності при написанні модульної контрольної роботи студент надає підтвердження поважних причин відсутності, після чого йому призначається додатковий час на її написання;
- **політика щодо академічної доброчесності:** студенти мають дотримуватимуться правил Академічної доброчесності – як їх викладено на сайті НТУУ КПІ ім. І. Сікорського, див. <https://kpi.ua/academic-integrity>, <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf>.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

**Поточний контроль:** модульні контрольні роботи за питаннями, наданими у п.9.

**Календарний контроль:** провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Позитивну атестацію отримує студент, що отримав не менше від 50% балів можливих на час проведення в університеті календарних контролів.

**Семестровий контроль:** залік. Перелік питань на залік подано у п.9.

**Умови допуску до семестрового контролю:** семестровий рейтинг не менше 50% від максимально можливого.

### Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок по видах контролю за рік

**Семестровий рейтинг** складається з балів за роботу практичних занять (21+5), на лабораторних заняттях (24 балів) та за 2 модульні контрольні роботи (по 30 балів за кожна). Отже, сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: 21+5+24+50=100 балів

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
1	Відповіді на практичному занятті			
	- ваговий бал $r_k$	3	7	21
	-якість виконання	0-3		



	Реферат ( з захистом) за темою семінару	5	1	5
2.	Модульна контрольна робота			
	-ваговий бал $r_k$	25	2	50
	- якість виконання	0-25		
3.	Виконання та захист лабораторних робіт			
	- ваговий бал $r_k$	3	8	24
	-якість виконання	0-3		
4				100

На кожному з 7 практичних занять студент може отримати по 3 бали за відповіді на контрольні питання за темою заняття, вказаному у календарному плані (п.5):

- повна відповідь на контрольні питання - 3 бали;
  - не повна відповідь на контрольні питання - 2 бали;
  - часткова відповідь на контрольні питання - 1 бал
- Додатково студент може отримати до 5 балів за підготовку інформації за наданою темою до практичних
- Реферат ( з захистом) за темою семінару

№	Опис роботи	Кількість балів
1	тема розкрита неповно	3
2	тема розкрита з обґрунтуванням та прикладами	4
3	володіння тематикою реферату	5

- Штрафні бали

№	Причина	Кількість балів
1	Несвоєчасний захист лабораторних робіт (без поважної причини)	-1

- Якість виконання лабораторних робіт:

- Допуск 0.5 бал
- Правильно оформлена робота, відповідь на усі запитання 2,5 балів
- Є незначні помилки у відповідях 1,5 балів
- Робота не захищена 0 балів

**Модульна контрольна робота** складається з трьох проблемних питань, які оцінюються у 25 балів:

- повна відповідь на всі контрольні питання - 25 балів;
- не повна відповідь на контрольні питання - 15-24 балів;
- робота не захищена - менше 15 балів.

**Необхідною умовою для одержання заліку автоматом** є зарахування усіх пропозицій, що виносяться на виконання на позитивну оцінку, модульної контрольної роботи та загальний рейтинг більше 60 балів. Для підвищення оцінки проводиться залікова робота. При цьому попередній рейтинг анулюється.

**Семестровий контроль:** залік. Загальна сума балів заліку – 100 балів. **Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування усіх лабораторних робіт, виконання на позитивну оцінку ДКР та**

**модульної контрольної роботи.** Стартовий рейтинг допуску до заліку не менше 50% від Rс, тобто 50 балів.

Заліковий білет складається з 5 питань, 1 питання оцінюється у 20 балів.

Повна відповідь на питання – (19-20) балів

Зроблені незначні помилки – (17-18) балів

Суттєві помилки у відповіді – (12-16) балів

Відповіді не вірні – (0-11) бали.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
менше 60	Незадовільно
менше 25	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

### • **Перелік питань на модульну контрольну роботу 1:**

1. Що таке біотехнологія?
2. Відмінності традиційної та молекулярної біотехнологій.
3. Чим було важлива публікація дослідження Коен з колегами в 1973?
4. Як технологія рекомбінантної ДНК дозволила виробляти виробництво людського інсуліну поза клітинами острівків Лангерганса підшлункової залози людини?
5. Які проблеми здатна вирішити молекулярна біотехнологія?
6. Зв'язок молекулярної біотехнології з іншими науками.
7. Опишіть процес реплікації ДНК.
8. Відмінності ДНК і РНК.
9. Спільне та відмінне у генів про- та еукаріот.
10. Опишіть процес елонгації.
11. Біологічна роль оперона.
12. Способи регуляції транскрипції прокариот.
13. Які основні елементи ДНК регулюють транскрипцію структурних генів еукаріот
14. Ендонуклеази рестрикції II типу. Їх значення для технології рекомбінантних ДНК.
15. Опишіть основні властивості системи клонування рUC.
16. Для чого рестриковану ДНК перед лігуванням зазвичай обробляють лужною фосфатазою.
17. Які є стратегії хімічного синтезу генів? Які межі застосування кожної?
18. Що таке лінкер? Де його використовують?
19. Що таке дидезоксинуклеотиди? Як з їх допомогою визначають нуклеотидну послідовність ДНК?
20. Як перетворюють послідовності мРНК в послідовності кДНК?
21. Використання векторної системи фага М13 для визначення нуклеотидної послідовності клонованої ДНК.
22. Як регулюють експресію генів в прокариотичних організмах
23. Що таке *lac*<sup>R</sup> і як його використовують?
24. Як і для чого створюють химерні білки?
25. Переваги розташування гетерологічних білків на поверхні клітини.

26. Які стратегії застосовують для транспортування білка назовні?
27. Як вбудувати в одну плазмиду кілька копій гена?
28. Що таке метаболічна перегрузка і її причина?
29. Рекомбінантні білки, отримані шляхом експресії у грибах.
30. Рекомбінантні продукти, що виробляються системами експресії клітини комах = бакуловіруси.
31. Як система CRISPR-Cas використовується для видалення нуклеотидів на певній ділянці геному еукаріотів?
32. Як система CRISPR-Cas використовується для вставки послідовності в певному місці в еукаріотичному геномі?
33. Переваги і недоліки системи редагування CRISPR-Cas. Її практичне застосування.
34. Які фізичні і хімічні властивості ферментів можна змінити з допомогою направлено мутагенезу?
35. Які переваги і недоліки олігонуклеотид-направленого мутагенеза з використанням бактеріофага M13 і ПЛР?
36. Опишіть стратегію олігонуклеотид-направленого мутагенезу з використанням плазмідної ДНК.
37. Як можна вносити випадкові мутації в ДНК, використовуючи "вироджені" праймери?
38. Як впливає на стабільність білка заміна аспарагіна на інший амінокислотний залишок?
39. Яким чином можна змінити потреби фермента в кофакторах?

- **Перелік питань на модульну контрольну роботу 2:**

1. Як індиго може вироблятися в *E. coli*? Опишіть передумови, що зробили це можливим.
2. Як можна використовувати генетичні маніпуляції для збільшення бактеріального синтезу І-цистеїну? л-валіну? І-цитруліну?
3. Як може бути модифіковано геном *Corynebacterium glutamicum*, щоб зробити його більш ефективною бактерією для суперпродукції амінокислот?
4. Як можна модифікувати *E. coli* для виробництва лікопіну?
5. Чому важко генетично трансформувати різні *Streptomyces* spp.? Як можна подолати цю складність?
6. Коротко опишіть різні типи вакцин, які може утворюватися проти вірусного збудника.
7. Які фактори обмежують застосування традиційних вакцин?
8. Опишіть розробку спрямованої субодиночної вакцини проти вірусу грипу.
9. Коротко опишіть підхід, який ви могли б застосувати для розробки вакцини проти стійких до антибіотиків бактеріальних збудників.
10. Що таке вірус осповакцини і як його можна використовувати для отримання унікальних і живих рекомбінантних вакцин?
11. Які переваги живої рекомбінантної вірусної вакцини над убитими та субодиночними вакцинами.
12. Як бактерії можуть бути використані як частина системи доставки ДНК вакцин?
13. Переваги мікробіологічних добрив перед хімічними.
14. Використання токсину *Bacillus thuringiensis* в сільському господарстві.
15. Використання генів *Bacillus thuringiensis* для генетичної трансформації інших видів.
16. Переваги і недоліки різних типів біореакторів
17. Вплив перемішування на ріст ауробних культур
18. Переваги і недоліки механічного та хімічного способів руйнування клітин при отриманні цільових сполук
19. Як збирають клітини після завершення ферментації. Переваги і недоліки методів. Репортерні, селективні та цільові гени та їх використання при генетичній трансформації.

20. Методи генетичної трансформації рослин
21. Методи аналізу трансгенних рослин
22. Продукція біофармацевтичних препаратів у рослинах.
23. Регуляція продукції метаболітів. Фактори, які впливають на накопичення вторинних метаболітів в культурі клітин рослин
24. Метаболічна інженерія продуктів вторинного метаболізму рослинних клітинних культур. Технології для отримання економічно важливих речовин вторинного походження у рослинах
25. Опишіть спосіб створення трансгенної миші
26. Опишіть основні властивості ретровірусного вектора і його застосування в трансгенезі.
27. У чому головна перевага використання ембріонального методу стовбурових клітин порівняно з мікроін'єкцією ДНК та методом ретровірусного вектора для трансгенезу?
28. Що таке мозаїчні тварини в контексті трансгенезу і як вони виникають?
29. Що таке перенесення ядра соматичної клітини? Які переваги та недоліки цього методу створення трансгенних тварин?
30. Опишіть, як система CRISPR-Cas використовується для вставки трансгенів в геном тварини.
31. Опишіть, як система CRISPR-Cas використовується для вимкнення генів у геномі тварин.
32. Які обмеження системи CRISPR-Cas для модифікації геномів тварин.
33. Як використовується система рекомбінації Cre-loxP для вирізання сегменту ДНК з геному?
34. Що таке нокаутні миші та миші-нокадаун? Як і чому вони створені?
35. Опишіть тваринну модель захворювання людини. Обґрунтуйте вибір використовуваної тварини.
36. Молочна залоза як біореактор для виробництва цінних білкових сполук.
37. Курячі яйця як біореактор для виробництва товарної білкової продукції.
38. Обговоріть, як трансгенез можна використати для покращення трансплантації органів.
39. Опишіть стратегію створення трансгенних тварин, які захищені від інфекційних захворювань.
40. До чого може призвести трансгенез худоби з метою покращення виробництва молока чи м'яса?
41. Трансгенез для покращення рибної аквакультури.
42. Результати і наслідки секвенування генома людини
43. Що таке генна терапія *in vivo*?
44. Що таке генна терапія *ex vivo*?
45. Вірусні системи адресної доставки генів
46. Невірусні системи адресної доставки генів
47. Терапія з використанням "антисенсних" олігонуклеотидів
48. Небезпеки генної терапії людини
49. Як контролюють створення генетично модифікованих організмів, що призначені для вивільнення в оточуюче середовище, і чому такий контроль необхідний
50. Чому є обмеження на генну терапію клітин зародкової лінії? В чому була колізія з генетично модифікованими дівчатками з Китаю?
51. Як регламентують експерименти з генної терапії соматичних клітин в США
52. Які умови патентоспроможності винаходу
53. Чому патент корисний дослідникам, які не є його підтримувачами

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) складено:

Старший викладач кафедри промислової біотехнології та біофармації, к.б.н., н. с. Овчаренко О.О.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 18 від 25.05.2023 р.)

Погоджено методичною комісією факультету (протокол № (протокол № 11 від 26.06.2023 р.).