

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка

Природничо-географічний факультет
Кафедра біології та методики навчання біології

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

OK2.9 Молекулярна біологія з основами біотехнології та генної інженерії

галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка

спеціальність: 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини)

освітньо-професійна програма: Середня освіта (Біологія, природознавство та здоров'я людини)

УХВАЛЕНО

Рішенням кафедри біології та методики навчання
біології

Протокол № 1 від 30 серпня 2022 року

Суми 2022

Загальна інформація про дисципліну

Назва дисципліни	Молекулярна біологія з основами біотехнології та генної інженерії
Викладач	Торяник Валентина Миколаївна
Профайл викладача	https://pgf.sspu.edu.ua/media/attachments/2020/02/28/toryanyk.pdf
Контактний телефон	0667508665 0673695132
E-mail:	toryanik_vn@ukr.net
Сторінка курсу в Moodle	ДФН: https://dl.sspu.edu.ua/course/view.php?id=9553 ЗФН: https://dl.sspu.edu.ua/course/view.php?id=9558
Консультації	Консультації проводяться у вівторок о 14 год. 20 хв.: групові або одноосібні. Також можливі онлайн консультації через інтернет ресурси. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.

Анотація до дисципліни

Навчальна дисципліна «Молекулярна біологія з основами біотехнології та генної інженерії» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» і має на меті формування у здобувачів освіти знань молекулярних основ життя та їх використання у різних галузях сучасної біотехнології.

Мета і завдання дисципліни

Мета дисципліни: сформувати у здобувачів освіти знання про молекулярні механізми зберігання, реалізації та передачі генетичної інформації, використання цих механізмів у виробництві цільових продуктів за допомогою біологічних систем та рекомбінантної ДНК.

Структура, зміст курсу, організація різних видів діяльності здобувачів освіти спрямовані на розв'язання наступних **завдань**:

а) сформувати теоретичні знання про:

- ✓ основні концепції структурної організації білків та нуклеїнових кислот;
- ✓ особливості організації геномів та принципи їх функціонування;
- ✓ механізми реплікації, транскрипції, трансляції та регуляції експресії генів;
- ✓ сучасні методи молекулярно-біологічних досліджень, перспективи їх розвитку та сфери застосування;
- ✓ досягнення та відкриття в галузі молекулярної біології та сфери їх практичного застосування;
- ✓ напрями і методи біотехнології;
- ✓ сучасний стан і перспективи розвитку біотехнології як напрямку наукової і практичної діяльності людини, в основі якого лежить використання біологічних об'єктів або молекул у промисловому виробництві, медицині, сільському господарстві, охороні природи тощо;
- ✓ технологію рекомбінантних ДНК як спрямоване конструювання генетичної інформації;
- ✓ сучасний стан, перспективи розвитку генної інженерії;
- ✓ потенційні загрози та біоризики від впровадження трансгенних технологій.

б) сформувати практичні вміння та навички:

- ✓ виділяти ДНК з різного біоматеріалу та проводити її фізико-хімічний аналіз;
- ✓ виділяти білки з різного біоматеріалу та проводити їх фізико-хімічний аналіз;
- ✓ схематично зображувати структуру білків та нуклеїнових кислот, молекулярні структури реплікації, транскрипції, трансляції, регуляції експресії генів;
- ✓ характеризувати біохімічні та біофізичні процеси, що лежать в основі полімеразної ланцюгової реакції, методів секвенування ДНК, технології рекомбінантних ДНК, методів характеристики клонованих фрагментів ДНК, методів іммобілізації ферментів і ферментних систем;
- ✓ користуватися таблицями генетичного коду;
- ✓ розв'язувати різні типи задач з молекулярної біології та генної інженерії;
- ✓ будувати рестрикційні карти ДНК;
- ✓ працювати з банками даних біологічних послідовностей в мережі Інтернет;
- ✓ отримувати і підтримувати бактеріальні, рослинні, тваринні клітинні культури.

Формат дисципліни

Ознаки дисципліни	
Рік викладання	2022/2023
Освітній ступінь	магістр
Курс навчання	1
Семестр	2
Формат курсу	очний/заочний
Обов'язкова /вибіркова	обов'язкова
Кількість кредитів/годин	4/120
Кількість розділів	2
Форма контролю	залік
Лекції	16/4
Лабораторні заняття	20/4
Консультації	4/2
Самостійна робота	80/110

Результати навчання за дисципліною

Програмні результати навчання	
Знання	ПРЗ 2. Знання з іноземної мови для використання в професійній сфері та науковій комунікації.
	ПРЗ 3. Знання основних біологічних термінів та понять, форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, теорій, концепцій фундаментальної та прикладної біології та використання їх на практиці для вирішення професійних завдань.
	ПРЗ 5. Знання та розуміння сучасних концепцій біології: системи органічного світу, його еволюції від молекулярного до біосферного рівня, сучасної природничо-наукової картини світу.
	ПРЗ 6. Знання будови та функцій біологічних систем на різних рівнях організації, біологічних процесів та їх характеристики, основи фізичного та психічного здоров'я людини, екологічні проблеми сучасності.
	ПРЗ 9. Знає сучасні теоретичні та практичні основи методики навчання біології, природознавства та основ здоров'я людини у закладах загальної

	середньої освіти.
Уміння	ПРУ 2. Уміння здійснювати пошук наукових джерел, які належать до сфери професійної діяльності, у тому числі іноземною мовою, та правильно використовувати їх з дотриманням вимог доброчесності.
	ПРУ 3. Уміє застосовувати знання сучасних теоретичних основ біології для пояснення будови, властивостей і особливостей процесів життєдіяльності живих організмів, встановлювати взаємозалежність між будовою та функціями біологічних об'єктів.
	ПРУ 4. Уміє застосовувати оптимальні методи польових і лабораторних досліджень для активізації навчання біології, природознавства та основ здоров'я людини, формулювати аргументовані висновки, розвивати дослідницький тип мислення здобувачів освіти.
	ПРУ 6. Уміє самостійно проводити уроки, позакласні заходи, вибирати та застосовувати інноваційні технології, форми, методи, прийоми та засоби навчання, використовувати передовий педагогічний досвід.
	ПРУ 8. Уміння працювати з різними типами даних, розв'язувати задачі біологічного змісту та навчати цьому здобувачів освіти.
	ПРУ 9. Уміння аналізувати будову та функції живих об'єктів та пояснювати принципи життєдіяльності біологічних систем. ПРУ 12. Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні завдання у широких або мультидисциплінарних контекстах.
Комуні-кація	ПРК 1. Володіння основами професійної культури як форми людського існування, цінує різноманіття та мультикультурність світу і керується у своїй діяльності сучасними принципами толерантності, діалогу і співробітництва. ПРК 2. Здатність здійснювати комунікативну взаємодію з здобувачами освіти під час навчання біології, природознавства та основ здоров'я людини на основі знань, ціннісних орієнтацій, моральних настанов. ПРК 3. Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комунікації на професійному та соціальному рівнях.
Автономія і відповідальність	ПРА 1. Усвідомлює соціальну значущість майбутньої професії, сформованість мотивації до здійснення професійної діяльності, здатність продовжувати навчання з високим ступенем автономії. ПРА 2. Відповідально ставиться до забезпечення охорони життя і здоров'я учнів у освітньому процесі та позаурочній діяльності.

Тематичний план вивчення дисципліни РОЗДІЛ 1. МОЛЕКУЛЯРНІ МЕХАНІЗМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ГЕНЕТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Тема 1. Молекулярна біологія як наука.

Основні етапи розвитку науки. Визначення предмету молекулярної біології та його зв'язок з іншими біологічними дисциплінами. Історія розвитку молекулярної біології, основні етапи її становлення. Найвизначніші відкриття та досягнення молекулярної біології. ДНК та Нобелівські лауреати. Завдання та перспективи молекулярної біології на сучасному етапі її розвитку.

Тема 2. Будова та властивості нуклеїнових кислот.

Докази генетичної ролі нуклеїнових кислот. Хронологія відкриттів, що підготували створення Дж. Уотсоном та Ф. Кріком моделі подвійної спіралі ДНК. Локалізація ДНК у клітині. Типи клітинних ДНК.

Первинна структура нуклеїнових кислот. Нуклеозиди та нуклеотиди: їх будова та конформація. Нітратні (азотисті) основи та їх класифікація. Мінорні нітратні (азотисті) основи.

Принципи вторинної структури ДНК. Правила Е. Чаргаффа. Модель ДНК Уотсона та Кріка. Параметри та архітектура подвійної спіралі ДНК. Принцип компліментарності. Міжланцюгові та внутрішньоланцюгові взаємодії в ДНК. Поліморфізм ДНК (форми В, А, С, D, E). Неканонічні форми ДНК (Z, H, хрести). Умови переходів між різними формами ДНК. Біологічне значення різних форм ДНК. Третинна структура ДНК. Властивості кільцевих ковалентно замкнутих ДНК. Явище суперспіралізації ДНК. Топологічні та геометричні характеристики кільцевих замкнутих ДНК: порядок (число) зачеплень, кручення (Tw), райзинг; зв'язок між ними – формула Уайта. Від'ємна та позитивна суперспіралізація. Суперспіралізація як спосіб запасання енергії. Третинна структура молекули ДНК у еукаріот. Хромосома як клітинний дезоксирибонуклеопротейд. Основні компоненти хроматину: ДНК, гістони, не гістонові білки, РНК; його структура і функції. Рівні компактизації ДНК: нуклеосомний, фібрилярний, петельний (доменний).

Фізико-хімічні властивості ДНК. Чутливість молекул ДНК до кислот, лугів, температури. Денатурація (плавлення) ДНК. «Відпал» – реасоціація (ренатурація) ДНК.

Класи клітинних РНК. Розмір молекул, локалізація у клітині та функції. Макромолекулярна структура РНК. Особливості будови. Первинна структура РНК, мономери. Особливості вторинної структури РНК: дволанцюгові спаралізовані ділянки, петлі, шпильки. Третинна структура РНК та принципи її утворення: водневі зв'язки, стекінг-взаємодія.

Тема 3. Характеристика та властивості геному.

Структурно-функціональна організація бактеріальних та еукаріотичних геномів.

Молекулярно-біологічні методи аналізу генома: електрофорез, молекулярна гібридизація, блот-гібридизація, рестрикційне картування та секвенування ДНК, молекулярне клонування, ампліфікація ДНК *in vitro* – полімеразна ланцюгова реакція (ПЛР).

Тема 4. Молекулярні механізми реплікації та репарації ДНК.

Принципи реплікації. Напівконсервативна модель реплікації ДНК. Ферментативний апарат ДНК-залежного синтезу. ДНК-полімерази про- та еукаріотів. Основні етапи реплікації. Реплікація ДНК у прокариот. Особливості реплікації ДНК у еукаріот.

Причини помилок під час синтезу ДНК. Основні типи репарабельних пошкоджень ДНК та принципи їх усунення: пряма реактивація, фотореактивація, ексцизійна репарація, індукована репарація, SOS-репарація, репарація неспарених нуклеотидів. Репаросома про- та еукаріот.

Тема 5. Молекулярні процеси реалізації генетичної інформації.

Транскрипція в клітинах прокариот та еукаріот. Основні принципи транскрипції. Роль РНК-залежних ДНК-полімераз в процесі транскрипції. Транскрипція у прокариот. Поняття про оперон та його будова. Основні етапи та регуляція транскрипції у прокариот. Особливості транскрипції у еукаріот. Регуляція експресії: енхансери та сайленсери. Зворотна транскрипція – РНК-залежний синтез ДНК. Процесінг РНК.

Трансляція – рибосомний синтез білка. Генетичний код. Історія відкриття. Основні властивості. Основні етапи трансляції. Рекрутування амінокислот до білкового синтезу. Аміноацилактикування та акцептування амінокислот. Загальний механізм ініціації трансляції, фактори ініціації, послідовність процесів при ініціації. Елонгація трансляції. Термінація трансляції.

Тема 6. Сучасні молекулярно-біологічні методи.

Молекулярне клонування ДНК. Метод ПЛР (полімеразної ланцюгової реакції) – деякі аспекти теорії метода. Секвенування ДНК. Рестрикційний аналіз. Полімерфізм довжини рестрикційних фрагментів. Метод алельспецифічних олігонуклеотидів. ДНК-чипи. ДНК-«fingerprinting», методи блотингу.

Геноміка, протеоміка та біоінформатика. Молекулярно-біологічні методи у сфері здоров'я людини і тварин: діагностика захворювань людини, генотерапія. Молекулярно-біологічні методи у фармакології: ДНК-вакцини та інші лікарські препарати. Ідентифікація організмів: археологія та систематика рослин, тварин і грибів. Молекулярно-біологічні методи у судовій медицині та криміналістиці. Використання рекомбінантних організмів для одержання комерційних продуктів.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕННОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Тема 7. Біотехнологія як міжгалузева наука та розділ практичних знань.

Предмет біотехнології як науки. Історія становлення та розвитку біотехнології як науки. Класифікація біотехнології за напрямками. Практичні задачі біотехнології.

Об'єкти біотехнології, основні вимоги до них. Мікроорганізми (бактерії і вищі протисти) – основні об'єкти біотехнології, їх переваги. Принципи добору біотехнологічних об'єктів. Методичні підходи до покращення штамів промислових мікроорганізмів.

Тема 8. Клітинна інженерія як галузь біотехнології.

Клітинна інженерія. Методи клітинної інженерії. Методи культивування клітин вищих організмів. Основні параметри росту культур. Особливості культивування клітин вищих рослин, клітин тварин.

Культура рослинних тканин і клітин. Калусні і суспензійні культури клітин вищих рослин, методи їх отримання і галузі застосування. Протопласти рослинних клітин, їх отримання, методи регенерації і культивування. Методи гібридизації рослинних клітин.

Культура тваринних клітин. Отримання моноклональних антитіл. Клонування тварин. Проблеми клонування тварин.

Стовбурові клітини. Стовбурові клітини і клітинна медицина. Потенційні загрози та біоризики від застосування стовбурових клітин.

Тема 9. Інженерна ензимологія як сучасна біотехнологічна наука. Імобілізовані ферменти і клітини, переваги їх використання. Класифікація та характеристика носіїв, методи імобілізації ферментів та клітин. Застосування імобілізованих ферментів у медицині, харчовій промисловості, охороні довкілля та інших галузях діяльності людини.

Тема 10. Генна інженерія як наука і галузь біотехнології.

Методологія отримання рекомбінантних ДНК. Технологія рекомбінантних ДНК та генна інженерія. Методи отримання фрагментів ДНК. Рестрикційні ендонуклеази. Характеристика векторних молекул, вимоги до векторів. Класифікація векторів. Способи введення рекомбінантних ДНК в клітини різних організмів.

Генна інженерія рослин. Вектори для трансформації рослин. Напрямки трансгенізації рослин. Різноманітність трансгенних рослин.

Генна інженерія тварин. Вектори для трансформації тварин. Технологія одержання трансгенних тварин.

Генна інженерія в медицині. Генна терапія. Історія розвитку. Види. Вектори для генної терапії. Проблеми і перспективи генної терапії.

Потенційні загрози та біоризики від впровадження трансгенних технологій. Контроль біотехнологічних методів. Державний контроль досліджень у галузі трансгенних технологій. Методологія оцінок біобезпеки трансгенних організмів та отриманих з них продуктів.

Політика дисципліни

Вивчення навчальної дисципліни потребує відвідування лекцій, виконання завдань на лабораторних заняттях, самостійної роботи; підготовку до лабораторних занять; роботу з інформаційними джерелами, опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка та участь у лабораторних заняттях передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни, питаннями, які виносяться на заняття з відповідної теми; вивчення конспекту лекцій, а також відомостей, викладених у підручниках, монографічній та іншій науковій літературі тощо.

Результатом підготовки до заняття повинно бути змістовне володіння здобувачем освіти матеріалом теми, якій присвячено відповідне заняття. Виконання завдань лабораторних занять повинно як за формою, так і за змістом відповідати вимогам, що висуваються до вирішення відповідного завдання, свідчити про його самостійність, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

На лабораторних заняттях присутність здобувачів освіти є обов'язковою, важливою також є їх участь в обговоренні всіх питань теми. Пропущені заняття мають бути відпрацьовані на консультаціях або самостійно, за домовленістю з викладачем. Це ж стосується й здобувачів освіти,

які не виконали завдання або показали відсутність знань з основних питань теми. Здобувач освіти повинен дотримуватися навчальної етики, з повагою ставитися до учасників процесу навчання, уважним та дотримуватися дисципліни й часових (строкових) параметрів навчального процесу. Під час контрольних заходів забороняється списування, використання джерел інформації та пристроїв, які порушують об'єктивність оцінювання.

За наявності об'єктивних обставин передбачене онлайн навчання на платформі Moodle.

Академічна доброчесність

Вивчення дисципліни передбачає дотримання положень Кодексу академічної доброчесності СумДПУ імені А.С. Макаренка, затвердженого наказом № 420 від 30 вересня 2019 р. Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність у письмових роботах посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших магістрантів становлять приклади можливої академічної недоброчесності. Неприпустимо надавати для оцінювання письмову роботу, підготовлену іншими особами. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Система оцінювання та вимоги

Засобами та формами оцінювання є усне та письмове опитування, тестування, оцінки за виконання завдань лабораторних занять. Поточний контроль навчальних досягнень здійснюється протягом семестру на лабораторних заняттях. Результати (кількість набраних балів) фіксує викладач.

Поточний контроль відображає поточні навчальні досягнення здобувача освіти в освоєнні програмного матеріалу дисципліни і спрямований на необхідне коригування самостійної роботи здобувача освіти. Викладач розробляє чіткі критерії оцінювання всіх видів навчальної роботи і доводить їх до відома магістрантів на початку вивчення навчальної дисципліни. Поточний та підсумковий контроль проводяться відповідно до вимог Положення «Про порядок оцінювання знань студентів у Європейській кредитно-трансферній системі (ЄКТС) організації освітнього процесу», затвердженого вченою Радою СумДПУ імені А. С. Макаренка (протокол №7 від 23.02.2015).

Засобами та формами формативного оцінювання є: усне опитування, та коментарі викладача за його результатами, обговорення та самокорекція виконаної здобувачами освіти роботи, самооцінювання. Сумативне оцінювання включає оцінки за виконання завдань лабораторних занять (поточний контроль) та контрольної самостійної роботи. Оцінювання знань здобувачів освіти охоплює усі теми, які передбачені робочою програмою навчальної дисципліни.

Результати поточного контролю є складовою визначення підсумкової оцінки і враховуються науково-педагогічним працівником при її визначенні. Бали, набрані здобувачем освіти за виконання завдань з самостійної роботи, додаються до суми балів, набраних ним з інших видів навчальної роботи з дисципліни. Результати сумативного оцінювання фіксуються в електронному журналі.

Вид підсумкового контролю – залік, який полягає в оцінці засвоєння здобувачем освіти теоретичного та практичного матеріалу (виконаних ним певних видів робіт на практичних заняттях та під час самостійної роботи) з навчальної дисципліни за семестр. Структура семестрового контролю відображається у робочій програмі (силабусі) та доводиться до відома здобувачів освіти на першому занятті.

Для здобувачів освіти заочної форми навчання підсумковий контроль проводиться в період заліково-екзаменаційної сесії. Для складання підсумкового контролю здобувачами освіти заочної форми навчання розробляються тести. До підсумкової оцінки включається виконання завдань самостійної здобувачем освіти, яку він отримав під час попередньої сесії. Форма проведення підсумкового контролю: письмова.

В умовах дистанційного навчання оцінювання, навчальних досягнень здобувачів освіти здійснюється на платформі Moodle.

Критерії оцінювання результатів навчання

Шкала ЄCTS (Бали)	Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти
90–100	Глибоко і міцно засвоїв програмний матеріал; вичерпно, послідовно, грамотно і логічно його викладає. Прогнозує і передбачає подальший хід явища, описує можливі наслідки, результати, що випливають з наявних даних, на основі проблемної ситуації, виділяє проблему, конструює гіпотези і перевіряє їх. При цьому студент не має утруднень при відповідях на видозмінені завдання, вільно справляється із класифікаціями, типологіями та іншими видами застосування знань, показує ознайомленість з монографічною літературою, правильно обґрунтовує прийняті рішення, володіє різнобічними навичками і прийомами виконання практичних завдань, володіє в повному обсязі специфічним поняттєво-термінологічним апаратом з дисципліни.
82–89	Добре знає програмний матеріал, грамотно й по суті викладає його; не допускає суттєвих неточностей у відповідях на питання, правильно застосовує теоретичні положення при вирішенні практичних завдань, впевнено володіє необхідними навичками і прийомами їх виконання, коректно встановлює причинно-наслідкові зв'язки.
74–81	Знає програмний матеріал, грамотно й по суті викладає його, але допускає деякі неточності під час відповіді; правильно застосовує теоретичні положення при вирішенні практичних завдань, володіє необхідними навичками і прийомами їх виконання. Самостійно відтворює знання з елементами перетворення. Застосовує їх у видозміненій, але близькій до типової ситуації, однак потребує допомоги викладача. Дає свою власну інтерпретацію матеріалу (пояснення, короткий виклад). Уміє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки, здійснює перенесення дій.
64–73	Має знання лише основного матеріалу, але не засвоїв його окремих деталей, допускає неточності, недостатньо правильні формулювання, порушення послідовності у викладі програмного матеріалу і відчуває утруднення при виконанні практичних завдань.
60–63	Самостійно відтворює інформацію та застосовує її у типовій ситуації, але при цьому виявляє невпевненість у своїх діях. На основі фактів робить висновки, але за допомогою викладача, намагається зробити звіт про виконані дії.
35–59	Не знає більшої частини програмного матеріалу, допускає суттєві помилки; не володіє у достатньому обсязі поняттєво-термінологічним апаратом науки; невпевнено, із помилками виконує практичні завдання; не вміє наводити приклади із життя та встановлювати причинно-наслідкові зв'язки; відтворює інформацію лише на основі зовнішньої підказки.
1–34	Має загальне уявлення про навчальну дисципліну, знання програмного матеріалу носить фрагментарний характер, відповіді на запитання дає «так» чи «ні».

Критерії оцінювання самостійної роботи здобувача освіти (ДФН)

Бали	Критерії оцінювання навчальних досягнень
36-40	Правильно й повно виконав завдання самостійної роботи, надійно засвоїв програмний матеріал з методології та організації наукових досліджень, що відведений на самостійне опрацювання; вичерпно, послідовно, грамотно і логічно його викладає, пов'язує теоретичні знання з практичними навичками та вміє обґрунтувати прийняті рішення, володіє різнобічними навичками і прийомами виконання практичних завдань. Демонструє володіння різноманітними методами і прийомами дослідження, виявляє обізнаність не тільки з навчальною, але й монографічною та довідковою літературою.
35-39	Правильно виконав більшу частину завдань, відведених на самостійне опрацювання, знає основи програмного матеріалу з методології та організації наукових досліджень, що відведений на самостійне опрацювання, але допускає неточності, здійснює недостатньо правильні формулювання, порушує послідовність при викладі програмного матеріалу.
24-29	Правильно виконав половину завдань, відведених на самостійне опрацювання, знає основи програмного матеріалу з методології та організації наукових досліджень, що відведений на самостійне опрацювання, але не засвоїв його суттєвих деталей.
1-23	Не виконав більшої частини завдань самостійної роботи, не знає більшої частини програмного матеріалу з методології та організації наукових досліджень, що відведений на самостійне опрацювання, допускає суттєві помилки; не володіє у достатньому обсязі поняттєво-термінологічним апаратом теорії методології та організації наукових досліджень, невпевнено, не вміє встановлювати причинно-наслідкові зв'язки; відтворює інформацію лише на основі зовнішньої підказки.

Критерії оцінювання самостійної роботи здобувача освіти (ЗФН)

Бали	Критерії оцінювання навчальних досягнень
51-60	Повно та ґрунтовно розкрито всі теоретичні питання, при цьому використано не лише обов'язкову, а й додаткову літературу. Правильно та в повному обсязі виконано всі практичні завдання.
41-50	В цілому розкрито більшість теоретичних питань, однак не повно і з допущенням деяких неточностей. При цьому не використано на достатньому рівні додаткову літературу. Правильно та в повному обсязі виконано всі практичні завдання.
31-40	Правильно розкрито більшість теоретичних питань, але деякі розкрито не повністю, допущені незначні помилки. При цьому використано лише обов'язкову літературу. Виконано більшу частину практичних завдань, але з деякими неточностями.
21-30	Правильно визначено сутність частини теоретичних питань, деякі з них розкрито лише частково і при цьому допущені окремі помилки, що не впливають на загальне розуміння питання. При цьому недостатньо використано обов'язкову літературу. Виконано більшу частину практичних завдань, але з деякими неточностями.
10-20	Правильно визначено сутність лише окремих теоретичних питань, недостатньо або поверхнево розкрито більшість положень, при цьому допущені помилки, які частково вплинули на загальне розуміння проблеми. Виконано частину практичних завдань, але з деякими неточностями.
1-9	Не виконано більшої частини завдань самостійної роботи, здобувач освіти не знає більшої частини програмного матеріалу.
0	Не виконано та/або не здано на перевірку жодного завдання для самостійної роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти (ДФН)

Розділ 1							Розділ 2					Разом	Загальна сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	KP1	T7	T8	T9	T10	KP2		
Поточний контроль												60	100
6	6	6	6	6	6		6	6	6	6			
Контроль самостійної роботи												40	
2	2	2	2	2	2	10	2	2	2	2	10		

T1, T2, ... T10 – теми, KP – контрольні роботи

Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти (ЗФН)

Розділ 1							Розділ 2					Разом	Загальна сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	KP1	T7	T8	T9	T10	KP2		
Поточний контроль												40	100
3	8	3	3	3	3		3	3	3	8			
Контроль самостійної роботи												60	
5		5	5	5	5	10	5	5	5		10		

T1, T2, ... T10 – теми, KP – контрольні роботи

Згідно з Положенням «Про порядок визнання результатів навчання у неформальній та/або інформальній освіті у Сумському державному педагогічному університеті імені А.С. Макаренка», ухвалене рішенням вченої ради університету (протокол № 4 від 28.11.2022 р.), можливе зарахування результатів навчання з окремої теми/тем, розділу, індивідуального завдання (контрольної роботи) чи дисципліни в цілому, здобутих за цими видами освіти. Обсяг зарахування в годинах/кредитах ECTS визначається згідно переліку компетентностей і результатів навчання, передбачених даною робочою програмою. Зарахування результатів навчання, здобутих у неформальній та/або інформальній освіті, здійснюється у відповідності до пунктів 3.6-3.9 названого Положення.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	відмінно
82-89	B	добре
74-81	C	
64-73	D	задовільно
60-63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Рекомендовані джерела інформації

Основні

1. Біологічна і біоорганічна хімія: підручник /за ред. Член-кор НАМН України Ю. І. Губського, професора І. В. Ніженковської. К.: ВСВ «Медицина, 2021. 544 с. URL: https://www.academia.edu/30089672/%D0%93%D1%83%D0%B1%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%AE_%D0%86_%D0%9D%D1%96%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%

BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%86_%D0%92_%D1%80%D0%B5%D0%B4_%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%96_%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BE%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F_%D0%9F%D1%96%D0%B4%D1%80%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%BA_%D0%9A%D0%BD_2_%D0%91%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%85%D1%96%D0%BC%D1%96%D1%8F_%D0%AE_%D0%86_%D0%93%D1%83%D0%B1%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%86_%D0%92_%D0%9D%D1%96%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%9C_%D0%9C_%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B0_%D1%82%D0%B0_%D1%96%D0%BD_%D0%9A_%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%86%D0%B8%D0%BD%D0%B0_2016_544_%D1%81_pdf

2. Біотехнологія з основами екології: навчальний посібник / Трохимчук І. М., Плюта Н. В., Логвиненко І. П., Сачук Р. М. Київ: Видавничий дім «Кондор», 2019. 304 с. URL:http://library.kpi.kharkov.ua/ru/ecology_geology/%D0%B1%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F-%D0%B7-%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BC%D0%B8-%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97

3. Буценко Л. М., Пирог Т. П. Біотехнологічні методи захисту рослин: підручник. К.: Видавництво Ліра, 2018. 346 с. URL: <https://lira-k.com.ua/preview/12391.pdf>

4. Довгопола Л. І. Молекулярна біологія. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів біологічних спеціальностей педагогічних закладів вищої освіти. Переяслав-Хмельницький (Київ. обл.): Домбровська Я. М., 2018. 74 с. URL: <http://ephsheir.uhsp.edu.ua/bitstream/handle/8989898989/3660/%D0%9C%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80%D0%BD%D0%B0%20%D0%B1%D1%96%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

5. Загальна біотехнологія [Електронний ресурс] : лабораторний практикум для здобув. освіт. рівня «Бакалавр» спец. 162 «Біотехнології та біоінженерія» освіт.–проф. програми «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. / уклад. : Ю. М. Пенчук; Нац. ун–т харч. технол. Київ : НУХТ, 2019. 74 с. URL: <https://dntb.gov.ua/wp-content/uploads/2021/02/%D0%91%D1%96%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%8F-%D1%96%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97-%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%97-%D0%B2%D1%85%D0%B0%D1%80%D1%87%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B9-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96.pdf>

6. Комісаренко С. В. Про результати виконання програми НАН України «Молекулярні та клітинні біотехнології для потреб медицини, промисловості та сільського господарства» / С. В. Комісаренко, В. В. Моргун. *Вісник Національної академії наук України*. 2020. № 1. С. 48–55. URL: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/169809/browse?value=%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D1%96%D1%81%D0%B0%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D0%BE%2C+%D0%A1.%D0%92.&type=author>

7. Огурцов А. Н. Основы генной инженерии и биоинженерии : учеб. пособие : в 2-х ч. – Ч. 1. : Молекулярные основы генных технологий / А. Н. Огурцов, О. Н. Близнюк, Н. Ю. Масалитина. Харьков : НТУ«ХПИ», 2018. 288 с. URL: http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPIPress/37313/1/Book_2018_Ogurtsov_Osnovy_gennoy_in_zh_Ch_2.pdf

8. Методика розв'язання задач та завдань з біології: методичні вказівки до практичних занять та виконання здобувачами освіти самостійної роботи / укладач Торяник В. М.. Суми : ФОП Цьома С.П., 2023. 39 с. URL: <https://repository.sspu.sumy.ua/handle/123456789/12930>

9. Методичні рекомендації до розв'язування типових задач з генної інженерії [Текст]: для

самостійної роботи здобувачів вищої освіти за ОПШ 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини), 091 Біологія / укладач В. М. Торяник. Суми : ФОП Цьома С. П., 2022. 18 с. URL: <https://repository.sspu.sumy.ua/handle/123456789/12929>

10. Методичні вказівки до лабораторних занять з «Молекулярної біології з основами біотехнології та генної інженерії» (для студентів спеціальності 014 Середня освіта (Біологія та здоров'я людини) / Уклад. Торяник В.М. Суми : ФОП Цьома, 2023. 28 с. URL: <https://repository.sspu.sumy.ua/handle/123456789/312/simplesearch?filterquery=Torianyk%2C+Valenty+na+Mykolaivna&filtername=author&filtertype>equals>

11. Пирог Т. П., Пенчук Ю. М. Біохімічні основи мікробного синтезу: підручник. К.: Видавництво Ліра-К, 2019. 258 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/51906/1/NP_TPMS_DKR.pdf

12. Пляцук Л. Д. Екологічна біотехнологія : принципи створення біотехнологічних виробництв : навч. посіб. / Л. Д. Пляцук. Суми : Сумський державний університет, 2018. 293 с. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/70819/1/Pliatsuk_Chernysh_Biotechnology.pdf;jsessionid=C2CA6E7B00FC023B31DD430B7D104FA0

13. Сидорович М. М., Солоня Ю. О. Цитологія з основами молекулярної біології: навчальний посібник для студентів педагогічних і біологічних спеціальностей. ФОП Вишимирський В.С., 2020. 89 с. URL: https://www.kspu.edu/About/Faculty/Faculty_of_biolog_geograf_ecol/DepartmentofHumanBiologyandImmunology/Human_resource_staff/Scientific_publications.aspx

14. Селекційні, генетичні та біотехнологічні методи удосконалення і збереження генофонду порід сільськогосподарських тварин / [М. В. Гладій та ін. ; за ред. М. В. Гладія, Ю. П. Полупана] ; Ін-т розведення і генетики тварин ім. М. В. Зубця НААН. Полтава : Техсервіс, 2018. 791 с. URL: <http://naas.gov.ua/content/literatura/4008/>

15. Харчова біотехнологія [Електронний ресурс] : метод. рекомендації до вивч. дисц. та викон. контрол. роботи для здобувачів освіт. ступ. «Бакалавр». спец. 162 «Біотехнології та біоінженерія» освіт.-проф. програми «Біотехнологія» заоч. форми навч. / уклад. : В. П. Стабніков ; Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2019. 24 с. URL: http://elibrary.nuft.edu.ua/library/DocDescription?doc_id=384602

16. Шапран Ю. П. Біотехнологія, гена інженерія: навч.-метод. посіб. Переяслав-Хмельницький (Київ.обл.): Домбровська Я., 2019. 132 с. URL: http://ephshair.phdpu.edu.ua/bitstream/handle/8989898989/4250/%D0%91%D0%86%D0%9E%D0%A2%D0%95%D0%A5%D0%9D%D0%9E%D0%9B%D0%9E%D0%93%D0%86%D0%AF_%D0%93%D0%95%D0%9D%D0%9D%D0%90_%D0%86%D0%9D%D0%96%D0%95%D0%9D%D0%95%D0%A0%D0%86%D0%AF_%D0%A8%D0%90%D0%9F%D0%A0%D0%90%D0%9D_%D0%94%D1%80%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9.pdf?sequence=1&isAllowed=y

17. Швед О. В. Екологічна біотехнологія. Кн. 1: навчальний посібник / О. В. Швед, Р. О. Петріна, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 424 с. URL: <https://vlp.com.ua/node/19262>

18. Швед О. В. Екологічна біотехнологія. Кн. 2: навчальний посібник / О. В. Швед, Р. О. Петріна, О. З. Комаровська-Порохнявець, В. П. Новіков. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. 368 с. URL: <https://vlp.com.ua/node/19262>

19. Yuri Yamauchi, Motoi Makihara, Atsushi Ishikawa «Leaf age and time of inoculation contribute to nonhost resistance to *Pyricularia oryzae* in *Arabidopsis thaliana*», 2017 Volume 34 Issue 4 Pages 207–210. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31275030/>

20. Attila Fehér «Callus, Dedifferentiation, Totipotency, Somatic Embryogenesis: What These Terms Mean in the Era of Molecular Plant Biology?»,[Department of Plant Biology, University of Szeged, Szeged, Hungary, Institute of Plant Biology, Biological Research Centre, Hungarian Academy of Sciences, Szeged, Hungar], Front. Plant Sci., 26 April 2019. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31134106/>

21. Fehér, A., Bernula, D., and Katalin, G. (2016). «The many ways of somatic embryo initiation»

in Somatic Embryogenesis: Fundamental Aspects and Applications, eds V. M. Loyola-Vargas and N. Ochoa-Alejo (Cham: Springer International Publishing), 23–37. URL: <https://www.worldcat.org/title/somatic-embryogenesis-fundamental-aspects-and-applications/oclc/1050016905>

22. Hofmann, F., Schon, M. A., and Nadine, M. D. (2019). The embryonic transcriptome of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Reprod.* 32, 77–91. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30610360/>

23. Ikeuchi, M., Iwase, A., Rymen, B., Lambolez, A., Kojima, M., Takebayashi, Y., et al. (2017). Wounding triggers callus formation via dynamic hormonal and transcriptional changes. *Plant Physiol.* 175, 1158–1174. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28904073/>

24. Ikeuchi, M., Shibata, M., Rymen, B., Iwase, A., Ba, A., Watt, L., et al. (2018). A gene regulatory network for cellular reprogramming in plant regeneration. *Plant Cell Physiol.* 59, 770–782. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29462363/>

25. Perez-Garcia, P., and Moreno-Risueno, M. A. (2018). Stem cells and plant regeneration. *Dev. Biol.* 442, 3–12. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29981693/>

Додаткові

1. Біологічна та біоорганічна хімія: підручник. У 2 т. Т. 1 «Молекулярна організація живого. Метаболізм та біоенергетика». Т. 2 «Біохімічні основи молекулярної біології, міжклітинних комунікацій і регуляторних систем» / Л. І. Остапченко, В. К. Рибальченко. – К.: ВПЦ «Київський університет». Т. 1, 2014. 1044 с.; Т. 2, 2015. 918 с.

2. Бібліографічний список № 6910 УДК 664 Біотехнологія, інновації та нанотехнології в харчовій промисловості. Книги, журнальні статті та автореферати дисертацій 2018–2020 рр. 128 назв укр. та рос. мовами Київ–2020 Каталоги ДНТБ України. 2018–2020 рр. Електронні каталоги інших бібліотек. 2018–2020 рр. Укладач : Іванова Л. Д.

3. Біотехнологія рослин : [навчальний посібник] / Т. М. Сатарова, О. Є. Абраїмова, А. І. Вінніков, А. В. Черенков. Дніпропетровськ: Адверта, 2016. 136 с.

4. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. – М.: Мир, 2002.

5. Грегірчак Н. М., Антонюк М. М., Буценко Л. М. Імобілізовані ферменти і клітини в біотехнології: Навч. посіб. К.: НУХТ, 2015. 267 с.

6. Гусар В. А. Мінливість та поліморфізм мітохондріальної ДНК української популяції. *Журнал АМН України.* 2006. Т.12, №4. С. 739–749.

7. Загальна (промислова) біотехнологія: навчальний посібник / М. Д. Мельничук, О. Л. Кляченко, В. В. Бородай, Ю. В. Коломієць. Київ: ФОП Корзун Д. Ю., 2014. 252 с.

8. Задерей Н. С. Біотехнологія рослин : навч.-метод. посібн. / Н. С. Задерей. Одеса: Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, 2015. 84 с.

9. Іншина Н. М. Біотехнологія : Навч. посібник. Суми : Вид-во СумДПУ ім. А. С. Макаренка, 2009. 121 с.

10. Карпов О. В., Демидов С. В., Киряченко С. С. Клітинна та генна інженерія : Підручник. К. : Фітосоціоцентр, 2010. 208 с.

11. Краснопольский Ю. М., Борщевская М. И. Биотехнология иммунобиологических препаратов. Харьков: Издательство «Фармитэк», 2008. 312 с.

12. Краців Р. Й., Колотницький А. Г., Буцяк В. І. Генетична інженерія. Львів, 2008. 214 с.

13. Крулько І. В., Устьяненко Д. О., Поліщук В. П. Роль siRNA та miRNA у процесах РНК-залежного «мовчання» генів при вірусних інфекціях. *Цитологія і генетика.* 2009. Т. 43, № 1. С. 78–90.

14. Мартиненко О. І. Методи молекулярної біотехнології: Лабораторний практикум / За наук. ред. чл.-кор. НАН України, проф. Д. М. Говоруна. К.: Академперіодика, 2010. 232 с.

15. Молекулярна генетика та технології дослідження геному : навч. посіб. / [М. І. Гиль, О. Ю. Сметана, О. І. Юлевич та ін.] ; за ред. професора М. І. Гиль. Миколаїв : МНАУ, 2014. 280 с.

16. Новосад Н. В. Молекулярна біологія: навчально-наочний посібник для студентів напряму підготовки «Біологія» денного та заочного відділень. Запоріжжя: ЗНУ, 2012. 120 с.

17. Овчаренко О. О., Рудас В.А., Кучук М.В. Мобільні генетичні елементи рослин та їх використання в генетиці та біотехнології. *Цитологія і генетика*. 2006. Т. 40, № 4. С. 68-80.
18. Остапченко Л. І., Гребіник Д. М. Біохімія нуклеїнових кислот. Навчальний посібник. К.: КНУ ім. Т.Шевченка, 2013. 290 с.
19. Павліченко В. І. Основи молекулярної біології : навчальний посібник / Павліченко В.І., Пішак В.П., Булик Р.Є. Чернівці: Медуніверситет, 2012. 388 с
20. Пирог Т. П., Ігнатова О. А.. Загальна біотехнологія: підручн. К.: НУХТ, 2009. 336 с
21. Пирог Т. П., Іутинська Г. О., Софілканич А. П., Конон А. Д. Мікробні поверхнево-активні речовини у природоохоронних технологіях. К.: Наукова думка, 2016. 278 с.
22. Сиволоб, А.В. Молекулярна біологія : підручник К. : Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008. 384 с.
23. Федоренко В. О., Осташ Б. О., Гончар М. В., Ребець Ю. В. Великий практикум з генетики, генетичної інженерії та аналітичної біотехнології мікроорганізмів: навч. посібн. для студ. біол. факульт. ун-ів. Львів: Видавн. центр імені Івана Франка, 2007. 279 с.
24. Харчова біотехнологія: підручник / Пирог Т. П., Антонюк М. М., Скроцька О. І., Кігель Н. Ф. Київ: Ліра, 2016. 408 с.
25. Юлевич О. І., Ковтун С. І., Гиль М. І. Біотехнологія : навчальний посібник. Миколаїв : МДАУ, 2012.
26. Campbell A. M., Heyer L.J. Discovering genomics, proteomics, and bioinformatics. CSHL Press, 2003. 352 p.
27. Venter J. C. et al. The sequence of the human genome. *Science*, 2001. P. 1304–1351.
28. Verma I. M., Weitzman M. D. Gene therapy: twenty-first century medicine. *Annual Rev. Biochemistry*. 2005. V.74. P. 711–738.
29. Watson J. D. - William Heinemann. DNA. The secret of life. London, 2003. 191 s.
30. Walsh G., Jefferis R. Post-translational modifications in the context of therapeutic proteins. *Nat Biotechnol*. 2006. V.24. P. 1241–1252.

Інформаційні ресурси

Молекулярна біологія. Новини молекулярної біології. URL: <http://sci-lib.com/molecular-biology>

EMBL (European Molecular Biology Laboratory) – база даних усіх розшифрованих нуклеотидних послідовностей (ДНК і РНК) Європейської молекулярнобіологічної лабораторії, яка працює при Європейському інституті біоінформатики (the European Bioinformatics Institute (EBI)). URL: <https://www.embl.org/>

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

База даних аналізу поліпептидних послідовностей ExPASy (Expert Protein Analysis System) Translation Tool – Swiss Institute of Bioinformatics. URL: <http://web.expasy.org/translate/>

База даних аналізу поліпептидних послідовностей EMBOSS Transeq from EBI. URL: <http://www.ebi.ac.uk/Tools/st/>

UniProt – найбільша якісна база даних, яка містить амінокислотні послідовності білків (консорціум UniProt утворюють Європейський Інститут Біоінформатики (EBI), Швейцарський Інститут Біоінформатики (SIB) та Ресурс Інформації про Протеїни (PIR)). URL: <https://www.ebi.ac.uk/uniprot/index>

База DNA to Protein Translation. URL: <http://bio.lundberg.gu.se/edu/translat.html>

Київська енциклопедія генів і геномів – Kyoto ENCYCLOPEDIA of Genes and genomes. Pathway Database. URL: www.genome.jp/kegg/KEGG

ChEMBL або ChEMBLdb – база хімічних молекул з біоактивними властивостями, що підтримується Європейським Інститутом Біоінформатики (EBI), Європейською Лабораторією Молекулярної Біології (EMBL), розташовується у Wellcome Trust Genome Campus, Хінкстон, Велика Британія. URL: <https://www.ebi.ac.uk/chembl/>

URL: <https://www.genome.gov/genetics-glossary>

URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

URL: <https://www.genome.gov/human-genome-project>

URL: https://www.sciencedaily.com/terms/molecular_biology.htm

URL: <https://di.uq.edu.au/community-and-alumni/sparq-ed/cell-and-molecularbiologyexperiences/dna-restriction-and-electrophoresis/introduction-molecularbiology>

MERLOT – Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching. URL: <http://www.merlot.org/merlot/index.htm>. Розділ «Biology». URL:

<http://www.merlot.org/merlot/materials.htm?category=2608&soft.hroperty=overallRating>

iLumina–digital library of educational resources for science and mathematics. URL: <http://www.ilumine-dlib.org/index.asp>. Розділ «Biology». URL: <http://www.ilumine-dlib.org/browse.asp?taxon1= Biology>

ben-BioSciEdNet-National for Science Digital Library (NSDL) portal for teaching and learning in the biological sciences. URL: <http://www.bioscienet.org/portal/index.php>. Розділ «Bioinformatics, Genomics and Proteomics». URL: <http://www.bioscienet.org/portal/search/browse.php?step=2&nav=main&by=subject&filter=&value= Bioinformatics+ Genomics+ Proteomics&freeResourcesOnly=yes>

Офіційний веб-сайт Нобелівської премії. URL: <https://www.nobelprize.org/>

Офіційний сайт онлайн-бібліотеки освітньої та наукової літератури. URL: <https://eduknigi.com> Сайт електронної бібліотеки підручників. URL: <http://studentam.kiev.ua>

Сайт безкоштовних електронних підручників онлайн. URL: <https://pidru4niki.com>

Сайт наукової бібліотеки СумДПУ імені А. С. Макаренка. URL: <https://library.sspu.edu.ua/>