

**Бюджетное учреждение высшего образования
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры
«Сургутский государственный университет»**

СОГЛАСОВАНО
Директор РМЦ ДОД
Е.С. Титаренко
20.25 г.



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по развитию
В.А. Безуевская
20.25 г.

**Региональная сетевая
дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
«Геномное редактирование»**

Направленность: естественно-научная
Уровень освоения программы: углубленный (продвинутый)
Возраст учащихся: 15-16 лет (9-10 классы), 2-ой год обучения

Срок реализации: 1 год
Объем 174 академических часа

г. Сургут, 2025 год

Авторы программы:

Безуевская Валерия Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, проректор Сургутского государственно университета

Казакова Галина Александровна, старший специалист центра поддержки пользователей ФГИС «Моя школа» Государственного университета просвещения;

Крайник Виктория Викторовна, к.х.н., старший преподаватель кафедры химии СурГУ

Самойленко Зоя Анатольевна, к.б.н., доцент, преподаватель кафедры биологии и биотехнологии;

Сарапульцева Екатерина Сергеевна, ассистент кафедры биологии и биотехнологии;

Проворова Олеся Владимировна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики;

Волохова Марина Анатольевна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики

1. Пояснительная записка

1.1. Актуальность программы

Программа напрямую связана с одной из сквозных технологий Стратегии научно-технологического развития РФ — использованием генетических данных и технологий. Развитие биотехнологий и, в частности, геномного редактирования определено в качестве приоритетного направления для обеспечения технологического суверенитета и национальной безопасности страны. Технологии геномного редактирования находятся на острие научного прогресса и формируют новый технологический уклад в биомедицине, сельском хозяйстве и промышленных биотехнологиях.

Специалисты в области генетических технологий и геномного редактирования относятся к профессиям будущего. Программа позволяет школьникам познакомиться с передовым направлением науки и определить свою профессиональную траекторию в перспективной области.

Геномное редактирование как одно из прорывных научных направлений привлекает внимание мотивированных школьников, ориентированных на построение успешной карьеры в наукоемких отраслях. Участие в профиле «Геномное редактирование» Национальной технологической олимпиады открывает дополнительные возможности для поступления в ведущие университеты страны на льготных условиях.

Программа кружка находится на стыке биологии, генетики, информатики и инженерии и способствует формированию у учащихся междисциплинарного мышления - ключевого навыка для решения комплексных задач современного мира. Интеграция «мокрой биологии» и биоинформатики отражает реальную практику работы современных биотехнологических лабораторий.

Программа целенаправленно развивает ключевые компетенции, необходимые для успешной самореализации в современном мире: проектное и критическое мышление, командная работа, исследовательские навыки.

1.2. Цель программы

Создание условий для углубленного освоения школьниками современных методов геномного редактирования и развития практических навыков в области молекулярной биологии и биоинформатики, успешного участия в Национальной технологической олимпиаде и профессионального самоопределения.

Задачи программы

- формирование способности планировать, проводить и интерпретировать эксперименты по геномному редактированию с использованием современных молекулярно-биологических и биоинформационических методов;
- подготовка к решению задач финального этапа Национальной технологической олимпиады по профилю «Геномное редактирование»;
- содействие профессиональному самоопределению школьников в области биотехнологий и генетической инженерии.

1.3. Отличительные особенности программы

1. Адаптация передовых научных методов для школьного уровня - программа делает доступными для учащихся 8-9 классов современные технологии и методы, которые обычно изучаются только в вузах или применяются в научно-исследовательских лабораториях (ПЦР, электрофорез, секвенирование, CRISPR/Cas системы). Сложные научные концепции адаптированы через понятные аналогии, визуализацию и пошаговые инструкции.

2. Междисциплинарный интегративный подход - программа объединяет молекулярную биологию, генетику, химию, биоинформатику и программирование, что отражает реальную научную практику.

3. Сбалансированное сочетание теории и практики в логике научного исследования - теоретические блоки непосредственно подкрепляются практическими работами, моделирующими реальный процесс научного исследования, а последовательность модулей отражает логику научного познания.

4. Практико-ориентированность с фокусом на реальные научные задачи - программа ориентирована на решение аутентичных исследовательских задач, таких как идентификация генетических последовательностей, определение эффективности геномного редактирования.

5. Модульная структура с четкой таксономией образовательных результатов - каждый модуль имеет четко обозначенные содержание, формирующие оценочные мероприятия и ожидаемые результаты обучения, что позволяет отслеживать прогресс учащихся и обеспечивать дифференцированный подход.

6. Целенаправленная подготовка к Национальной технологической олимпиаде - программа специально разработана для подготовки учащихся к профилю «Геномное редактирование» НТО, при этом

не сводится к «натаскиванию», а формирует фундаментальное понимание принципов и методов геномного редактирования.

7. Развитие soft skills через проекты - программа целенаправленно развивает мягкие навыки через работу в исследовательских группах, презентацию результатов, планирование проектов и критический анализ научной информации.

1.4. Адресат программы

Программа предназначена для реализации в кружках, открытых на базе учреждений среднего общего или дополнительного образования.

Программа разработана для обучающихся в возрасте 15-16 лет (9-10 классы), завершивших обучение по программе 1 года обучения.

Наполняемость групп для занятий в школьном кружке – 15-25 человек.

1.5. Срок освоения программы и ее объем

Программа рассчитана на 174 академических часа на протяжении одного учебного года, в том числе – 144 часа на базе кружка в учреждении среднего общего или дополнительного образования, 30 часов – на базе Сургутского государственного университета (для участников, прошедших конкурсный отбор и ориентированных на участие в профиле «Геномное редактирование» Национальной технологической олимпиады).

При необходимости педагог - наставник кружка может разработать 2 отдельные рабочие программы на 1 и 2 полугодие по 72 часа. Рекомендуемые названия программ: «Молекулярные основы редактирования генома: от химии до вирусологии», «Практикум по геномному редактированию: от диагностики к инженерии биосистем»

1.6. Форма и режим занятий

Занятия проводятся:

- по программе базового кружка в очном/онлайн формате – 4 академических часа в неделю;
- по программе образовательных интенсивов в очном формате – 6-8 акад. часов в день в течение 5 дней.

В каникулярные периоды занятия могут проводиться в базовом кружке в формате образовательного интенсива/хакатона.

Формы организации образовательного процесса предполагают проведение коллективных занятий (15-25 человек), малыми группами (4-6

человек) и индивидуально в формате консультаций при подготовке к участию в НТО.

1.7. Уровень освоения программы: углубленный (продвинутый)

1.8. Планируемые результаты

Предметные результаты 2-го года обучения

1. Объяснять химические основы функционирования биологических молекул, включая буферные растворы, полимеры и реакции, используемые в методах молекулярной биологии. (*Уровень: применение*)
2. Анализировать структурно-функциональные взаимосвязи биомолекул (белки, нуклеиновые кислоты, ферменты) в контексте процессов геномного редактирования. (*Уровень: анализ*)
3. Анализировать механизмы репликации, транскрипции, трансляции и регуляции экспрессии генов при исследовании структуры и функционирования геномов прокариот и эукариот. (*Уровень: анализ*)
4. Анализировать возможности применения вирусных и микробиологических систем для решения задач биотехнологии и генной инженерии. (*Уровень: анализ*)
5. Выполнять базовые методы молекулярной диагностики (выделение ДНК, ПЦР, электрофорез, секвенирование) для решения практических задач генетического анализа. (*Уровень: применение*)
6. Анализировать принципы работы систем геномного редактирования (CRISPR/Cas и других инструментов) при моделировании решения конкретных биотехнологических задач. (*Уровень: анализ*)
7. Применять основные конструкции языка Python для анализа биологических последовательностей и решения простых задач биоинформатики. (*Уровень: применение*)
8. Анализировать возможности применения биотехнологических методов и подходов для решения практических задач в медицине, сельском хозяйстве и промышленности. (*Уровень: анализ*)

Метапредметные результаты 2-го года обучения

Познавательные

1. Анализировать механизмы работы систем геномного редактирования
2. Интегрировать знания из различных научных областей (биологии, химии, информатики) для решения комплексных задач геномного редактирования

3. Оценивать применимость различных методов для анализа результатов геномного редактирования

Регулятивные

1. Разрабатывать план эксперимента по геномному редактированию с учетом имеющихся ресурсов и ограничений
2. Управлять собственной познавательной деятельностью при изучении сложных молекулярно-биологических процессов
3. Осуществлять самоконтроль и взаимоконтроль при проведении лабораторных работ по молекулярной диагностике
4. Прогнозировать результаты эксперимента по редактированию генома на основе теоретических знаний
5. Корректировать стратегию решения задач по биоинформатике при получении новых данных

Коммуникативные

1. Представлять результаты исследований в области геномного редактирования в формате научного доклада
2. Аргументированно обсуждать этические аспекты применения технологий геномного редактирования
3. Организовывать продуктивное взаимодействие в проектной группе при решении комплексных биотехнологических задач
4. Вести научную дискуссию с использованием специализированной терминологии геномного редактирования
5. Составлять отчеты о проведенных экспериментах в соответствии с требованиями научного стиля

Работа с информацией

1. Осуществлять поиск и анализ научной информации о новейших достижениях в области геномного редактирования
2. Визуализировать результаты биоинформационического анализа с помощью специализированных программных средств
3. Интерпретировать данные секвенирования и рестрикционного анализа для оценки эффективности геномного редактирования
4. Критически оценивать научные публикации в области геномного редактирования

Личностные результаты 2-го года обучения

1. Ценностно-смысловые ориентации

- Оценивать этические аспекты применения технологий геномного редактирования
- Формулировать собственную позицию относительно возможностей и рисков редактирования генома

2. Профессиональное самоопределение

- Формулировать жизненные планы, связанные с возможным профессиональным развитием в области биотехнологий
- Соотносить свои способности и интересы с требованиями профессий в сфере геномного редактирования

3. Научно-исследовательская позиция

- Проявлять критическое мышление при анализе научной информации о геномном редактировании
- Принимать ответственность за качество и достоверность получаемых экспериментальных данных

4. Социальная ответственность

- Объяснять связь между развитием технологий геномного редактирования и решением общественно значимых проблем
- Проявлять восприимчивость к проблемам, которые могут быть решены с помощью биотехнологий

5. Саморазвитие и самообразование

- Проявлять инициативу в поиске дополнительной информации о современных достижениях в области геномного редактирования
- Оценивать собственный прогресс в освоении программы и планировать дальнейшее развитие своих компетенций

6. Коллaborативные навыки

- Демонстрировать готовность к продуктивной командной работе при решении комплексных задач
- Принимать ответственность за общий результат в коллективных проектах по геномному редактированию

7. Коммуникативная компетентность

- Проявлять уважительное отношение к оппонентам в научных дискуссиях
- Корректно использовать научную терминологию при обсуждении вопросов геномного редактирования

8. Экологическое мышление

- Оценивать потенциальные экологические последствия применения технологий геномного редактирования
- Формулировать экологически ответственный подход к применению методов генетической модификации

1.9. Формы контроля и подведения итогов реализации программы

Текущий контроль

- 1) Лабораторные практикумы с ведением лабораторного журнала с подробной документацией всех экспериментов
- 2) Биоинформационные задания
- 3) Тематические тесты по модулям с автоматизированной проверкой с мгновенной обратной связью
- 4) Интерактивные семинары с анализом кейсов применения геномного редактирования в медицине и сельском хозяйстве, обсуждением актуальных научных публикаций в области геномного редактирования

Промежуточный контроль

- 1) Исследовательские мини-проекты с планированием и проведением экспериментов по геномному редактированию модельного гена
- 2) Хакатоны по решению биоинформационных задач

Итоговый контроль

- 1) Комплексный проект по геномному редактированию
- 2) Имитационная олимпиада по формату НТО:
- 3) Результативность участия в НТО:
- 4) Итоговая научно-практическая конференция:
- 5) Защита электронного портфолио с представлением накопленных за два года обучения материалов

2. Структура, содержание и график реализации программы

2.1. Учебный план базового кружка «Геномное редактирование»

№ п/п	Название модуля	Количество часов			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
	Раздел 1 «Молекулярные основы редактирования генома: от химии до вирусологии», «			72	
1	Вводный модуль. Решение задач отборочных туров НТО		8	8	Решение задач

№ п/п	Название модуля	Количество часов			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
2	Модуль «Химия для молекулярной биологии»	6	10	16	Лабораторные работы, тестирование, решение задач
3	Модуль «Биохимия для геномного редактирования»	6	10	16	Лабораторные работы, тестирование, решение задач
4	Модуль «Молекулярная биология»	6	10	16	Лабораторный практикум, тестирование, анализ научных публикаций
5	Модуль «Программирование на Python для биоинформатики (продвинутый уровень)»	6	10	16	Создание программ для анализа биологических данных, работа с библиотеками
	Раздел 2 «Практикум по геномному редактированию: от диагностики к инженерии биосистем			72	
6	Модуль "Введение в геномное редактирование"	6	8	14	Решение задач, моделирующих финальный этап НТО
7	Модуль «Методы молекулярной диагностики»	8	14	22	Лабораторный практикум, оформление отчетов, интерпретация результатов
8	Модуль «Инженерная вирусология и микробиология»	6	10	16	Лабораторные работы, анализ кейсов, групповые проекты
9	Модуль «Прикладная биотехнология»	6	10	16	Групповые проекты, анализ кейсов, презентации
10	Конференция кружков НТО		4	4	Презентация проектов

2.2. Календарный учебный график базового кружка «Геномное редактирование»

№	Модуль	Часы	Период реализации 2025-2026 уч. г.
	1 полугодие		
1	Вводный модуль. Решение задач отборочных туров НТО	8	2.09.2025 – 14.09.2025
2	Модуль «Химия для молекулярной биологии»	16	15.09.2025 – 06.10.2025
3	Модуль «Биохимия для геномного редактирования»	16	07.10.2025 – 29.10.2025
4	Модуль «Молекулярная биология»	16	30.10.2025 – 25.11.2025
	Образовательный интенсив в СурГУ	30	13.10.2025-18.10.2025

№	Модуль	Часы	Период реализации 2025-2026 уч. г.
5	Модуль «Программирование на Python для биоинформатики (продвинутый уровень)»	16	26.11.2025-28.12.2025
	2 полугодие		
6	Модуль «Введение в геномное редактирование»	14	12.01.2026 – 07.02.2026
7	Модуль «Методы молекулярной диагностики»	22	09.02.2026 – 14.03.2026
8	Модуль «Инженерная вирусология и микробиология»	16	16.03.2026 – 11.04.2026
9	Модуль «Прикладная биотехнология»	16	13.04.24 – 10.05.26
10	Конференция кружков НТО	4	11.05.26 – 25.05.26
	ИТОГО	174	

3. Организационно-педагогические условия реализации программы

3.1. Структура программы и необходимое оборудование

№	Модуль	Часы	Краткое содержание	Оборудование
1	Вводный модуль. Решение задач отборочного тура НТО	8	Решение задач отборочного тура НТО	Компьютеры, проектор
2	Модуль «Химия для молекулярной биологии»	16	Буферы, методы разделения веществ, термодинамика, диффузия и осмос	Лаборатория «Физиология растений»
3	Модуль «Биохимия для геномного редактирования»	16	Структура и функции белков, ферменты, химические особенности нуклеиновых кислот, электростатические взаимодействия	Лаборатория «Физиология растений»
4	Модуль «Молекулярная биология»	16	Структура генома, репликация ДНК, транскрипция и процессинг, трансляция, регуляция экспрессии генов	Лаборатория «Молекулярная биология»
5	Модуль «Программирование на Python для биоинформатики (продвинутый уровень)»	16	Библиотека Biopython, анализ ДНК-последовательностей, работа с Pandas, визуализация данных, работа с базами данных	Компьютеры, ПО Python
6	Модуль «Введение в геномное редактирование»	14	Решение задач, моделирующих финальный этап НТО	Компьютер, проектор.
7	Модуль «Методы молекулярной диагностики»	22	Продвинутые методы ПЦР, секвенирование ДНК, молекулярное клонирование, гибридизация	Лаборатория «Молекулярная биология»
8	Модуль «Инженерная вирусология и микробиология»	16	Строение и репликация вирусов, взаимодействие с клеткой-хозяином, вирусы как инструменты, системы CRISPR как защита	Лаборатория «Микроскопия»

№	Модуль	Часы	Краткое содержание	Оборудование
9	Прикладная биотехнология	16	Генная терапия, сельскохозяйственная, медицинская и промышленная биотехнология	Лаборатория «Молекулярная биология»
10	Конференция кружков	4	Представление проектов и результатов исследований	Проектор, компьютеры
11	Образовательный интенсив в СурГУ	30	Продвинутые методы биоинформатики, практикум по геномному редактированию	Лаборатории университета
	ИТОГО	174		

3.2. Инфраструктурный лист базового кружка: оборудование и расходные материалы

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
Лаборатория «Микроскопия»			
1	Микроскоп прямой для лабораторных исследований биологический	5	Микроскоп Объективы: 4x, 10x и 40x Окуляр WF10x Линза Барлоу 2x Предметный столик с зажимами Диск с диафрагмами Конденсор Встроенные нижний и верхний осветители на светодиодах Сетевой адаптер (питание 220 В, 50 Гц)
2	Микроскоп прямой для лабораторных исследований биологический с камерой для преподавателя	1	Увеличение, крат 40x - 1000x Визуальная насадка Бинокулярная с вертикальным фото/видео тубусом для установки цифровой камеры с фиксированным светodelением 50/50 (тринокуляр) Осветительная система Современный светодиодный осветитель с функцией регулировки уровня яркости Методы исследования Светлое поле, Объективы-ахроматы 4x, 10x, 40x, 100x МИ Окуляры широкопольные 10x
3	Стекла покровные	5	21x24 мм
4	Стекла предметные	5	26x76x2 мм
5	Чашки Петри	50	100*20 мм
6	Набор готовых микропрепаратов	1	Руководство 12 чистых предметных стекол 20 чистых покровных стекол 80 готовых микропрепаратов

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
7	Пинцет	5	
8	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепараторов «Клетки человека»	2	1) Краситель – не менее 100 мг.; 2) Инструмент для отбора пробы (одноразовый) – не менее 25 штук; 3) Предметные стекла – не менее 30 штук; 4) Покровные стекла – не менее 45 штук; 5) Фильтровальная бумага – не менее 20 листов; 6) Препаровальная игла – не менее 5 штук; 7) Дозирующая емкость – не менее 5 штук; 8) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 60 штук; 9) Методическое пособие – не более 5 штук;
9	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепараторов «Микроскопические организмы»	1	1) Образец для приготовления микропрепараторов одноклеточных грибов – не менее 5 упаковок; 2) Образец для приготовления микропрепараторов членистоногих – не менее 2 упаковки; 3) Вспомогательный компонент для создания микропрепараторов – не менее 100 г.; 4) Предметные стекла – не менее 60 штук; 5) Покровные стекла – не менее 90 штук; 6) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 90 штук; 7) Препаровальная игла – не менее 5 штук; 8) Пинцет – не менее 5 штук; 9) Чашки Петри – не менее 10 штук; 10) Дозирующая емкость – не менее 5 штук; 11) Фильтровальная бумага – не менее 20 листов; 12) Методическое пособие – не более 5 штук;
10	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепараторов «Органы растений»	2	1) Образец для создания микропрепараторов оболочки клетки коры дерева – не менее 1 шт; 2) Вспомогательный компонент для создания микропрепараторов – не менее 20 г.; 3) Скальпель – не менее 1 шт; 4) Пинцет – не менее 5 штук; 5) Предметные стекла – не менее 60 штук; 6) Покровные стекла – не менее 90 штук; 7) Фильтровальная бумага – не менее 20 листов; 8) Препаровальная игла – не менее 5 штук; 9) Дозирующая емкость – не менее 5 штук; 10) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 90 штук;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
			11) Пробирка пластиковая 1,5 мл – не менее 30 штук; 12) Чашки Петри – не менее 10 штук; 13) Методическое пособие – не более 5 штук;
11	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепараторов «Почвенные организмы»	1	1) Инструмент для отбора пробы (многоразовый) – не менее 5 штук; 2) Предметные стекла – не менее 30 штук; 3) Покровные стекла – не менее 45 штук; 4) Фильтровальная бумага – не менее 20 листов; 5) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 40 штук; 6) Пробирка пластиковая 1,5 мл – не менее 40 штук; 7) Методическое пособие – не более 5 штук;
Лаборатория «Физиология растений»			
1	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для ТСХ «Активность ферментов»	3	1) Комплект элюентов и пластин для проведения тонкослойной хроматографии – не менее 5 комплектов; 2) Анализируемый раствор – не менее 5 флаконов; 3) Сухой образец для анализа – не менее 1 упаковки; 4) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 60 штук; 5) Пробирки 1,5 мл – не менее 50 штук; 6) Вспомогательный инструмент для гомогенизации образцов – не менее 5 штук; 7) Методическое пособие – не менее 5 штук;
2	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для ТСХ «Определение пигментов»	3	1) Комплект элюентов и пластин для проведения тонкослойной хроматографии – не менее 5 комплектов; 2) Набор веществ для приготовления окрашивающего агента – не менее 5 комплектов; 3) Набор реагентов для проведения ферментативных реакций – не менее 5 комплектов; 4) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 100 штук; 5) Пробирки 1,5 мл – не менее 50 штук; 6) Методическое пособие – не менее 5 штук;
3	Стакан В-1-1000	20	
4	Колба Кн-1-100-29/32	20	
5	Дозатор переменного объема 10-100 мкл	5	

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
6	Дозатор переменного объема 100-1000 мкл	5	
7	Наконечник д/дозаторов тип Универсальный с фильтром, с фаской, 100-1000 мкл, синий, уп.500 шт	4	
8	Наконечник д/дозаторов тип Универсальный с фильтром 2-200 мкл, жёлтый, уп.1000 шт	4	
9	Пластины для ТСХ, 50 шт/уп	3	
10	Цилиндр мерный 50 мл	20	

Лаборатория «Молекулярная биология»

1	Амплификатор	1	Реакционный алюминиевый блок — 16 по 0,2 мл;
			диапазон регулирования температуры термоблока, °C — 10-99;
			высокая однородность температуры термоблока достигается за счет его небольшого размера и единственного элемента Пельтье;
			максимальная скорость нагрева °C/сек — 2;
			скорость охлаждения от 96 до 60 °C, °C/с — примерно 1;
			скорость полного охлаждения от 96 до 10 °C, мин — 3;
			точность регулирования температуры:
			± 0,1°C (в диапазоне 20-50 °C);
			± 0,5°C (в диапазоне 50-80 °C);
			± 0,75°C (в диапазоне 80-99 °C);
			воздушное охлаждение;
			нагреваемая крышка с регулировкой высоты, °C — 50-120;
			встроенная память на 30 программ по 9 стадий;
			дисплей — цветной 1,8";
			мощность, Вт — 16;
2	Источник питания для электрофореза	1	габариты, Ш × Г × В, мм — 160 × 100 × 114;
			вес, кг — 1.
2	Источник питания для электрофореза	1	Выходное напряжение, В от 5 до 400
			Выходной ток, мА от 5 до 400

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
			Выходная мощность, Вт до 80 Система защиты От короткого замыкания, разрыва цепи, утечки на землю, внезапного изменения нагрузки Таймер от 1 мин до 16 ч Количество независимых выходов 2 Вес, кг 0,85 Габариты, мм 120 x 60 x 180
3	Камера для электрофореза	1	Размеры геля, мм 120 x 170 Количество образцов до 120 Объем буфера, мл 500 Габариты, мм 334 x 196 x 100
4	Трансиллюминатор	1	Длина волны проходящего света, нм 470 Размер экрана, мм 200 x 200 Режим работы прибора: - режим «синей подсветки» для гелей, окрашенных SYBR Green - режим «белой подсветки» для гелей, окрашенных серебром (Ag) или Кумасси Мощность прибора: - синий свет 25 Вт - белый свет 20 Вт Вес прибора, кг 3
5	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для проведения ПЦР «Определение резус-фактора».	1	1) Набор для выделения ДНК – не менее 5 упаковок; 2) Стерильный зонд-тампон – не менее 20 штук; 3) Набор для проведения ПЦР – не менее 5 шт; 4) Набор контрольных образцов – не менее 5 шт; 5) Маркер – не менее 1 упаковки; 6) Краситель – не менее 1 упаковки; 7) Агароза – не менее 1 упаковки; 8) Буферный раствор для агарозы – не менее 1 флакона; 9) Буферный раствор для электрофореза – не менее 1 флакона; 10) Наконечники одноразовые для дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 150 штук; 11) Наконечники одноразовые для дозаторов от 100 до 1000 мкл – не менее 50 штук; 12) Пробирки 1,5 мл – не менее 20 штук; 13) Пробирки 0,2 мл – не менее 60 штук; 14) Методическое пособие – не более 5 штук.

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
6	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для проведения ПЦР «Определение пола человека»	1	1) Набор для выделения ДНК – не менее 5 упаковок; 2) Стерильный зонд-тампон – не менее 20 штук; 3) Набор для проведения ПЦР – не менее 5 шт; 4) Набор контрольных образцов – не менее 5 шт; 5) Маркер – не менее 1 упаковки; 6) Краситель – не менее 1 упаковки; 7) Агароза – не менее 1 упаковки; 8) Буферный раствор для агарозы – не менее 1 флакона; 9) Буферный раствор для электрофореза – не менее 1 флакона; 10) Наконечники одноразовые для дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 150 штук; 11) Наконечники одноразовые для дозаторов от 100 до 1000 мкл – не менее 50 штук; 12) Пробирки 1,5 мл – не менее 20 штук; 13) Пробирки 0,2 мл – не менее 30 штук; 14) Методическое пособие – не более 5 штук.
7	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для проведения ПЦР «Равновесие в популяции»	1	1) Набор для выделения ДНК – не менее 5 упаковок; 2) Стерильный зонд-тампон – не менее 20 штук; 3) Набор для проведения ПЦР – не менее 5 шт; 4) Набор контрольных образцов – не менее 5 шт; 5) Маркер – не менее 1 упаковки; 6) Краситель – не менее 1 упаковки; 7) Агароза – не менее 1 упаковки; 8) Буферный раствор для агарозы – не менее 1 флакона; 9) Буферный раствор для электрофореза – не менее 1 флакона; 10) Наконечники одноразовые для дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 150 штук; 11) Наконечники одноразовые для дозаторов от 100 до 1000 мкл – не менее 50 штук; 12) Пробирки 1,5 мл – не менее 20 штук; 13) Пробирки 0,2 мл – не менее 60 штук; 14) Методическое пособие – не более 5 штук.
8	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для	1	1) Набор для выделения ДНК – не менее 5 упаковок; 2) Стерильный зонд-тампон – не менее 20 штук;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
	проведения ПЦР «Определение гена метаболизма кофеина»		3) Набор для проведения ПЦР – не менее 5 шт; 4) Набор контрольных образцов – не менее 5 шт; 5) Маркер – не менее 1 упаковки; 6) Краситель – не менее 1 упаковки; 7) Агароза – не менее 1 упаковки; 8) Буферный раствор для агарозы – не менее 1 флакона; 9) Буферный раствор для электрофореза – не менее 1 флакона; 10) Наконечники одноразовые для дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 150 штук; 11) Наконечники одноразовые для дозаторов от 100 до 1000 мкл – не менее 50 штук; 12) Пробирки 1,5 мл – не менее 20 штук; 13) Пробирки 0,2 мл – не менее 60 штук; 14) Методическое пособие – не более 5 штук
9	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для проведения ПЦР «Состав злаков в хлебной продукции»	1	1) Набор для выделения ДНК – не менее 5 упаковок; 2) Стерильный зонд-тампон – не менее 20 штук; 3) Набор для проведения ПЦР – не менее 5 шт; 4) Набор контрольных образцов – не менее 5 шт; 5) Маркер – не менее 1 упаковки; 6) Краситель – не менее 1 упаковки; 7) Агароза – не менее 1 упаковки; 8) Буферный раствор для агарозы – не менее 1 флакона; 9) Буферный раствор для электрофореза – не менее 1 флакона; 10) Наконечники одноразовые для дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 150 штук; 11) Наконечники одноразовые для дозаторов от 100 до 1000 мкл – не менее 50 штук; 12) Пробирки 1,5 мл – не менее 20 штук; 13) Пробирки 0,2 мл – не менее 60 штук; 14) Методическое пособие – не более 5 штук
10	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для проведения ПЦР «Определение ГМО в продуктах питания»	1	1) Набор для выделения ДНК – не менее 5 упаковок; 2) Стерильный зонд-тампон – не менее 20 штук; 3) Набор для проведения ПЦР – не менее 5 шт; 4) Набор контрольных образцов – не менее 5 шт;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
			5) Маркер – не менее 1 упаковки; 6) Краситель – не менее 1 упаковки; 7) Агароза – не менее 1 упаковки; 8) Буферный раствор для агарозы – не менее 1 флакона; 9) Буферный раствор для электрофореза – не менее 1 флакона; 10) Наконечники одноразовые для дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 150 штук; 11) Наконечники одноразовые для дозаторов от 100 до 1000 мкл – не менее 50 штук; 12) Пробирки 1,5 мл – не менее 20 штук; 13) Пробирки 0,2 мл – не менее 60 штук; 14) Методическое пособие – не более 5 штук
11	Микроцентрифуга-вортекс	1	Максимальная частота вращения 2887 об/мин Потребляемая мощность 55 Вт Вес 1730 г
12	Дозатор 2-200 мкл	1	
13	Наконечник д/дозаторов тип Универсальный с фильтром 2-200 мкл, жёлтый, уп.1000 шт	2	

3.3. Кадровое обеспечение программы

Занятия проводят по программе базового кружка педагоги дополнительного образования, имеющие высшее образование в области биологии и/или химии, прошедшие повышение квалификации по программе дополнительного профессионального образования в организаций-разработчике профиля (<https://ntcontest.ru/tracks/nto-school/>) и/или в организации, выполняющей функции регионального оператора деятельности технологических кружков (<http://argo.surgu.ru/ploshhadka-podgotovki-k-nto/>), выданный не позднее трех лет, предшествующих дате реализации программы технологического кружка.

Для проведения занятий по модулю «Программирование на Python для биоинформатики» привлекается педагог дополнительного образования, имеющий высшее образование в области информационных технологий, студенты вузов (начиная с 3-го курса), обучающиеся по направлениям подготовки в области ИТ. В случае отсутствия возможности по привлечения

педагогов с указанными компетенциями, занятия ведет педагог – наставник кружка с использованием онлайн-ресурсов на образовательных платформах.

3.4. Информационное обеспечение

- Образовательная платформа «Таланты 2030» Сургутского государственного университета – <https://talents.surgu.ru/>. На платформе размещены материалы по модулям программы для участников кружков и педагогов.
- Сайт Регионального модельного центра дополнительного образования детей - <http://argo.surgu.ru/>

На сайте Регионального модельного центра дополнительного образования детей публикуется информация о графике образовательных интенсивов на учебный год, их содержании и правилах конкурсного отбора участников.

3.5. Методическое обеспечение программы

1. Учебно-методические материалы

- Конспекты занятий с визуальными схемами и иллюстрациями на платформе «Таланты 2030» СурГУ
- Рабочие тетради с заданиями разного уровня сложности
- Протоколы лабораторных работ с пошаговыми инструкциями на платформе «Таланты 2030» СурГУ
- Глоссарий биологических и химических терминов на платформе «Таланты 2030» СурГУ
- Справочные материалы по базовым концепциям молекулярной биологии и генетики на сайте Биомолекула
- Материалы для подготовки к НТО и профильным олимпиадам
 1. Наглядные пособия
- Модели ДНК, РНК, белков и других биомолекул
- Плакаты и схемы основных биологических процессов (репликация, транскрипция, трансляция)
- Модели хромосом для демонстрации генетических законов

2. Электронные ресурсы

- Презентации к каждому занятию
- Видеоматериалы, демонстрирующие биологические процессы и методики
- Онлайн-тесты для самопроверки

3. Оценочные материалы

- Тестовые задания разного уровня сложности

- Практические задания и кейсы
- Критерии оценки лабораторных работ
- Материалы для промежуточной и итоговой аттестации

3.6. Программное обеспечение

Название	Ссылка	Требуется регистрация на сайте и подтверждение регистрации через электронную почту
Онлайн сервис для проведения видеоконференций	https://telemost.yandex.ru/	Требуется регистрация
Среда программирования Python и необходимые библиотеки	Python 3 или PyCharm	
Ugene	ugene.net	Свободный доступ
Базы данных (NCBI)	www.ncbi.nlm.nih.gov	Свободный доступ

3.7. Информационные источники

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аулова А. В. Геномное редактирование: учебно-методическое пособие. Том 8 / А. В. Аулова А. В. Вихорев, Я. И. Габуров [и др.] / Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8–11 класса «Национальная технологическая олимпиада». – Москва: ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2024. – 320 с. – ISBN 978-5-00147-598-9.
2. Практическая молекулярная генетика для начинающих: 8–9 классы: учебное пособие / Ю. С. Акульченко, Н. Р. Баттулин, П. М. Бородин [и др.]; под редакцией П. М. Бородина и Е. Н. Ворониной. – 3-е изд., стереотипное. – Москва: Просвещение, 2023. – 271 с. – (Молодые учёные – школе). – ISBN 978-5-09-097482-0.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Биология Campbell. В 3 томах. Том 1. Химия жизни. Клетка. Генетика / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.]; перевод с английского О. В. Аверчевой, К. А. Андреевой, М. Д. Барановской. – Москва: Диалектика, 2023. – 672 с. – ISBN 978-5-907203-88-4.
2. Биология Campbell. В 3 томах. Том 2. Механизмы эволюции. Эволюция и биоразнообразие. Растительные формы жизни / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.]; под редакцией М. М. Половицкой, О. Н. Шиловой, Д. М. Мартыновой. – Москва: Диалектика, 2023. – 576 с. – ISBN 978-5-907515-13-0.

3. Биология Campbell. В 3 томах. Том 3. Животные формы жизни и их функционирование. Экология / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.]; под редакцией М. М. Половицкой, О. Н. Шиловой, Д. М. Мартыновой. – Москва: Диалектика, 2023. – 575 с. – ISBN 978-5-907705-68-5.
4. Синюшин А. А. Решение задач по генетике / А. А. Синюшин. – 4-е изд. – Москва: Лаборатория знаний, 2024. – 186 с. – (Биология). – ISBN 978-5-93208-400-7.

ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. 12 методов в картинках: генная инженерия. Часть I, историческая / О. Волкова, О. Пташник // Биомолекула: [сайт]. – 2007-2025. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-gennaia-inzheneriia-chast-i-istoricheskaiia?ysclid=l6d9rebws9167381293> (дата обращения: 02.07.2025).
2. 12 методов в картинках: полимеразная цепная реакция / А. Панов, О. Пташник // Биомолекула: [сайт]. – 2007-2022. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-polimeraznaia-tsepnaiareaktsiia> (дата обращения: 02.07.2025).
3. 12 методов в картинках: секвенирование нуклеиновых кислот / А. Недолжко, О. Пташник // Биомолекула: [сайт]. – 2007-2025. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-sekvenirovanie-nukleinovykh-kislot> (дата обращения: 02.07.2025).
4. Биоинформатика и геномика: 10 лекций биоинформатика Михаила Гельфанда о технологиях анализа молекулярно-биологических данных // ПостНаука : [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://postnauka.org/courses/42433> (дата обращения: 02.07.2025).
5. Биология клетки : 10 лекций биолога Евгения Шеваля об устройстве и функционировании самой элементарной живой системы // ПостНаука : [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://postnauka.org/courses/17529> (дата обращения: 02.07.2025).
6. Вариации ПЦР: [видеоурок] // Stepik: [сайт]. – 2013-2025. – URL: <https://stepik.org/lesson/13696/step/7> (дата обращения: 02.07.2025).
7. Гены и стволовые клетки : 6 лекций биолога Сергея Киселева о современных исследованиях в области клеточных технологий // ПостНаука : [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://postnauka.org/courses/50118> (дата обращения: 03.07.2025).

8. Мануйлов А. В. Основы химии. Интернет-учебник / А. В. Мануйлов, В. И. Родионов // Новосибирский государственный университет: [сайт]. – 2025. – URL: <http://www.hemi.nsu.ru/index.htm> (дата обращения: 02.07.2025).
9. Северинов К. Редактирование генома с CRISPR/Cas9 / К. Северинов // ПостНаука : [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://postnauka.org/faq/59807> (дата обращения: 03.07.2025).
- 10.Структура и функции ДНК : 10 лекций биофизика Максима Франк-Каменецкого об особенностях и фундаментальных аспектах дезоксирибонуклеиновой кислоты // ПостНаука : [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://postnauka.org/courses/43955> (дата обращения: 03.07.2025).
- 11.Технология управления свойствами биологических объектов: методы биоинформатики и молекулярной биологии // VK Видео: социальная сеть. – 2021-2025. – URL: https://vkvideo.ru/playlist/-205185234_21 (дата обращения: 02.07.2025).
- 12.Юшкова А. Генетика / А. Юшкова // Лекториум: [сайт]. – 2012-2025. – URL: <https://www.lektorium.tv/genetics> (дата обращения: 03.07.2025).

Методические карты модулей и рекомендации по проведению занятий
«Геномное редактирование»
(2-й год обучения)

г. Сургут, 2025 год

Организация работы с методическими картами модулей программы «Геномное редактирование»

Методическая карта модуля

Методическая карта модуля представляет собой детальное описание образовательного процесса, структурированное в табличной форме. Это подробный план реализации модуля, включающий содержание, формы работы, методы оценивания и ожидаемые результаты обучения. Карта служит навигатором для преподавателя, обеспечивая системность и целостность образовательного процесса.

Структура занятий

Каждое занятие рассчитано на 2 академических часа по 45 минут. Рекомендуемая структура: вводная часть (15 минут) – теоретическая часть (25-30 минут) – практическая работа (40-45 минут) – заключительная часть с рефлексией (10-15 минут). Такое распределение времени обеспечивает оптимальный баланс между теорией и практикой, что критически важно для усвоения материала и поддержания мотивации учащихся.

Содержание занятия

Столбец «Содержание» представляет собой тематический план теоретической части занятия. Здесь перечислены все понятия, которые должны быть раскрыты в ходе занятия. Эти пункты представляют собой основу для создания презентаций, подготовки демонстрационных материалов и разработки конспекта занятия. При объяснении сложных понятий рекомендуется использовать аналогии из повседневной жизни и визуальные материалы, особенно на первом году обучения.

Формирующие оценочные мероприятия

Столбец «Формирующие оценочные мероприятия» содержит перечень активностей, которые следует организовать в ходе занятия для проверки усвоения материала и формирования практических навыков. Формирующие оценочные мероприятия подобраны для достижения результатов обучения запланированного уровня. Они тщательно соотнесены с указанными результатами обучения и обеспечивают их поэтапное формирование. педагог-наставник кружка может (и должен) дополнять и модифицировать предложенные мероприятия, исходя из особенностей группы и доступного оборудования, но критически важно сохранять их соответствие заявленным результатам обучения.

Результаты обучения

Столбец «Результаты обучения» перечисляет измеримые элементы

содержания, которыми должны владеть участники кружка после завершения занятия. результаты обучения структурированы по уровням таксономии Блума. Крайне важно, чтобы результаты обучения достигались на каждом занятии – это необходимое условие для успешной проектной деятельности кружка и значимых достижений в НТО. Регулярно проверяйте, все ли запланированные результаты достигнуты, и при необходимости корректируйте следующие занятия.

Практические рекомендации

При подготовке к занятиям обращайте внимание на методические рекомендации, приведенные в конце методической карты. Они содержат ценные советы по организации работы, адаптации материала для учащихся разного уровня подготовки и эффективному использованию оборудования.

Методическая карта модуля «Химия для молекулярной биологии»
(16 академических часов, 8 занятий)

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1	Вода - основа жизни	<p>Строение и свойства молекулы воды: полярность, дипольный момент, образование водородных связей и их влияние на агрегатные состояния и физические свойства воды.</p> <p>Гидрофильные и гидрофобные взаимодействия.</p> <p>Биологические функции воды как основы жизни.</p>	<p>Лабораторная работа: исследование свойств воды (поверхностное натяжение, растворяющая способность).</p> <p>Создание схемы "Вода в организме: где и зачем". Мини-исследование "Сколько воды в разных продуктах питания".</p> <p>Демонстрационные опыты по полярности молекул.</p> <p>Моделирование водородных связей между молекулами воды.</p>	<p>Описывать строение молекулы воды.</p> <p>Объяснять, почему вода является полярной молекулой.</p> <p>Перечислять уникальные свойства воды и анализировать их значение для живых организмов.</p> <p>Объяснять, что такое диполь и как он образуется.</p> <p>Описывать механизм образования водородной связи и прогнозировать поведение веществ в воде на основе их полярности.</p>
2	Кислоты и основания. Индикаторы	<p>Понятие о кислотах и основаниях, их классификация, номенклатура и сила. Роль кислот и оснований в живых организмах. Использование индикаторов для определения кислотности и щелочности среды.</p>	<p>Лабораторная работа: определение кислот и оснований с помощью индикаторов.</p> <p>Составление таблицы "Кислоты и основания в организме человека".</p> <p>Демонстрационные опыты с природными индикаторами (сок краснокочанной капусты).</p>	<p>Определять кислоты и основания по их формулам.</p> <p>Объяснять кислотно-основные свойства с позиции теории электролитической диссоциации.</p> <p>Использовать индикаторы для определения кислот и оснований.</p>
3	pH и его роль в биологических процессах	<p>Понятие о водородном показателе (pH) и его связь с концентрацией ионов водорода. Шкала pH (0-14).</p>	<p>Лабораторная работа: измерение pH различных растворов с использованием pH-</p>	<p>Объяснять понятие pH и его связь с концентрацией</p>

		<p>Методы измерения pH (рН-метр, индикаторная бумага). pH в живых организмах и оптимальные значения pH для биологических жидкостей. Понятие о буферных системах как механизмах поддержания постоянства pH.</p>	<p>метра и индикаторной бумаги. Расчетные задачи на шкалу pH. Мини-проект: исследование pH различных продуктов питания/косметических средств и их влияния на кислотно-щелочной баланс. Демонстрационный опыт: работа буферной системы на примере добавления кислоты и щелочи к буферному раствору и дистиллированной воде.</p>	<p>ионов водорода. Использовать шкалу pH для определения кислотности и щелочности растворов. Называть оптимальные значения pH для основных биологических жидкостей. Объяснять принцип работы буферных систем на примере бикарбонатного буфера крови. Использовать различные методы измерения pH.</p>
4	Растворы в молекулярной биологии	<p>Основные понятия химии растворов: вещество, смесь (отличие от раствора), растворитель, растворенное вещество. Понятие о растворимости веществ, факторы, влияющие на нее (температура, природа вещества), и использование таблицы растворимости. Типы растворов по размеру частиц, эффект Тиндаля. Состав биологических растворов и их функции. Лабораторные растворы и основные требования к ним. Правила безопасной работы с химическими и биологическими растворами</p>	<p>Практическое определение типов растворов (истинных, коллоидных, суспензий). Заполнение таблицы "Основные компоненты питательных растворов и их роль". Начало ведения лабораторного журнала с описанием правил работы с химическими веществами.</p>	<p>Различать типы растворов (истинные, коллоидные, суспензии) и объяснять их особенности. Описывать состав базовых лабораторных растворов (например, физиологический раствор). Соблюдать правила безопасной работы с химическими веществами. Правильно вести лабораторный журнал.</p>
5	Концентрация растворов и способы ее выражения	<p>Понятие о концентрации растворов. Способы ее выражения: массовая доля растворенного вещества и молярная концентрация. Разбавление и концентрирование растворов.</p>	<p>Лабораторная работа "Приготовление растворов различной концентрации". Решение расчетных задач на массовую</p>	<p>Рассчитывать концентрацию растворов различными способами. Готовить растворы с заданной</p>

		Приготовление растворов заданной концентрации.	долю и молярную концентрацию.	массовой долей и молярной концентрацией. Документировать результаты измерений в лабораторном журнале.
6	Приготовление буферных растворов и измерение их свойств	Биологически важные буферные системы организма человека. Механизмы поддержания постоянства pH в клетке и тканях организма. Понятие о буферной емкости. Техника безопасности при работе с реактивами. Методика приготовления фосфатного буфера. Методика приготовления Трис-буфера	Лабораторная работа: приготовление фосфатного буфера заданного pH с использованием мерных колб, цилиндров и дозаторов. Измерение pH приготовленных растворов с помощью универсального индикатора. Исследование буферной емкости: титрование буфера кислотой и щелочью. Отчет о лабораторной работе.	Готовить буферные растворы с заданным pH. Использовать лабораторное оборудование. Описывать механизм поддержания постоянства pH в живых системах. Измерять pH растворов. Определять буферную емкость растворов
7	Диффузия и осмос в биологических системах	Физико-химические основы диффузии. Оsmос и осмотическое давление. Уравнение Вант-Гоффа ($\pi = iCRT$) для расчета осмотического давления. Типы растворов и их влияние на клетки. Роль диффузии и осмоса в жизнедеятельности организмов. Практическое применение осмоса в медицине и биотехнологии (гемодиализ, опреснение воды, лечение отеков).	Лабораторный опыт: наблюдение осмоса с использованием «искусственной клетки» (целлофановый мешочек с раствором сахара). Решение задач на расчет осмотического давления растворов.	Анализировать роль осмотических явлений в жизнедеятельности клеток. Объяснять механизмы диффузии и осмоса на молекулярном уровне. Применять уравнение Вант-Гоффа для расчетов осмотического давления. Различать гипо-, изо- и гипертонические растворы и их влияние на клетки
8	Методы разделения веществ:	Классификация методов разделения веществ на основе различий в их физико-	Составление сравнительной таблицы методов	Классифицировать методы разделения

	теоретические основы	химических свойствах Центрифугирование. Экстракция. Хроматография. Электрофорез. Применение методов разделения в молекулярной биологии и медицине	разделения веществ. Групповое обсуждение применения методов разделения для биологических образцов. Лабораторная работа: проведение ТСХ пигментов растений. Расчет Rf значений для компонентов смеси.	веществ по физико-химическим принципам. Объяснять принципы работы хроматографии, электрофореза и центрифугирования. Выбирать подходящий метод для разделения конкретных биологических смесей.
--	----------------------	---	--	---

Методические рекомендации по проведению занятий

Организация учебного процесса

1. Вводная часть каждого занятия:

- Начинать с повторения ключевых понятий предыдущего занятия
- Проводить краткий опрос для выявления пробелов в знаниях
- Устанавливать связь новой темы с уже изученным материалом

2. Теоретическая часть:

- Использовать наглядные материалы (презентации, схемы, видеофрагменты)
- Объяснять сложные понятия на простых примерах из повседневной жизни
- Вводить научные термины постепенно, с обязательным пояснением
- Использовать интерактивные методы для поддержания вовлеченности

3. Практическая часть:

- Демонстрировать все операции перед самостоятельным выполнением
- Предоставлять подробные инструкции в письменном виде
- Организовывать работу в малых группах (2-3 человека)
- Обеспечивать постоянную поддержку и консультирование

4. Заключительная часть:

- Обсуждать полученные результаты и возможные ошибки
- Подводить итоги, выделяя ключевые моменты занятия
- Задавать вопросы для проверки понимания материала
- Предлагать дополнительные материалы для самостоятельного изучения

Адаптация сложных тем

Буферные системы:

- Начинать с демонстрации действия буферов в сравнении с обычными растворами
- Использовать аналогии (например, буфер как «амортизатор» изменений pH)
- Постепенно вводить математические аспекты расчета pH

**Методическая карта модуля «Биохимия для геномного
редактирования»
(16 академических часов, 8 занятий)**

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1	Функциональные группы органических молекул	<ul style="list-style-type: none"> • Понятие о функциональных группах • Классификация функциональных групп (гидроксильная, карбоксильная, аминогруппа, тиольная, фосфатная) • Функциональные группы в биомолекулах • Свойства функциональных групп 	<ul style="list-style-type: none"> • Создание схемы «Функциональные группы и их свойства» • Практическая работа с молекулярными моделями: определение функциональных групп • Задание на распознавание функциональных групп в структурах биомолекул 	<ul style="list-style-type: none"> • Распознавать основные функциональные группы по структурным формулам • Объяснять влияние функциональных групп на свойства биомолекул • Описывать химические свойства основных функциональных групп
2	Структура и функции белков	<ul style="list-style-type: none"> • Аминокислоты как строительные блоки белков • Пептидная связь и ее особенности • Первичная структура белков • Связь структуры и функции белков 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: изучение свойств аминокислот из разных классов • Составление таблицы «Аминокислоты и их классификация» • Работа с компьютерными моделями белковых структур 	
3	Структура и функции белков I	<ul style="list-style-type: none"> • Вторичная структура белков (α-спираль, β-структура) • Третичная структура и домены • Четвертичная структура белков • Денатурация и ренатурация • Молекулярные механизмы 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: денатурация белков под действием различных факторов • Решение задач на определение уровней структурной организаций белков 	<ul style="list-style-type: none"> • Различать уровни структурной организации белков • Объяснять роль различных взаимодействий в стабилизации белковых

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p><i>стабилизации белковых структур</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Применение знаний о структуре белков в биотехнологии 	<p>организации белков</p> <ul style="list-style-type: none"> • Моделирование белковых структур с помощью компьютерных программ 	структур
4	Ферменты и их роль в биотехнологии	<ul style="list-style-type: none"> • Ферменты как биологические катализаторы • Классификация ферментов (см. методические рекомендации) • Факторы, влияющие на активность ферментов (рН, температура, ингибиторы) • Применение ферментов в биотехнологии и генной инженерии • <i>Механизм действия ферментов</i> • <i>Кинетика ферментативных реакций</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: исследование факторов, влияющих на активность амилазы • <i>Построение графиков зависимости скорости ферментативной реакции от различных факторов</i> • <i>Решение задач по ферментативной кинетике</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять механизм действия ферментов • Оценивать значение ферментов для биотехнологических процессов • Приводить примеры для ферментов для разных типов катализируемых реакций • Анализировать факторы, влияющие на активность ферментов • <i>Интерпретировать графики ферментативной кинетики</i>
5	Изучение активности ферментов	<ul style="list-style-type: none"> • Методы определения активности ферментов • Спектрофотометрический анализ 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: определение активности каталазы • Составление протокола исследования и анализ полученных результатов 	<ul style="list-style-type: none"> • Проводить эксперименты по определению активности ферментов
6	Химические особенности нуклеиновых кислот	<ul style="list-style-type: none"> • Нуклеотиды как строительные блоки нуклеиновых кислот • Структура ДНК: первичная и вторичная 	<ul style="list-style-type: none"> • Построение модели двойной спирали ДНК • Лабораторная работа: выделение ДНК из 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать структуру нуклеотидов и нуклеиновых кислот • Объяснять

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<ul style="list-style-type: none"> • Структура РНК и ее виды • Физико-химические свойства нуклеиновых кислот • Денатурация и ренатурация ДНК • Гибридизация нуклеиновых кислот 	<ul style="list-style-type: none"> растительного материала • Решение задач на расчет содержания нуклеотидов и правило Чаргахфа 	<ul style="list-style-type: none"> принцип комплементарности • Сравнивать химические свойства ДНК и РНК • Анализировать факторы, влияющие на стабильность двойной спирали

Методические рекомендации:

1. Демонстрационные материалы:

- Использовать трехмерные модели молекул (физические или компьютерные)
- Подготовить набор изображений и анимаций, иллюстрирующих структуру и взаимодействия биомолекул
- Создать коллекцию микрофотографий и схем для наглядного представления материала

2. Межпредметные связи:

- Регулярно подчеркивать связь биохимии с другими разделами биологии и с практическими аспектами биотехнологии
- Показывать, как биохимические знания применяются в методах геномного редактирования
- Связывать изучаемый материал с темами, которые будут рассмотрены в последующих модулях

3. Формы работы:

- Чередовать фронтальную работу, групповые задания и индивидуальные проекты
- Использовать дискуссии и мозговые штурмы для развития критического мышления
- Включать элементы исследовательской деятельности в каждое занятие

4. Дифференциация обучения:

- Подготовить задания разного уровня сложности
- Предусмотреть возможность углубленного изучения тем для наиболее заинтересованных участников

- Обеспечить дополнительную поддержку тем, кто испытывает трудности с освоением материала

Методическая карта модуля «Молекулярная биология»
(16 академических часов, 8 занятий)

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1	Повторение основ молекулярной биологии	<ul style="list-style-type: none"> • Строение и функции нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) • Центральная догма молекулярной биологии • Строение и функции белков • Основные молекулярно-биологические процессы (репликация, транскрипция, трансляция) 	<ul style="list-style-type: none"> • Входное тестирование по материалам 1-го года • Групповая работа: составление схемы «Связь между ДНК, РНК и белками» • Проблемное задание: «Почему ошибки в ДНК могут привести к изменению функций белков?» 	<ul style="list-style-type: none"> • Воспроизводить ключевые понятия молекулярной биологии • Объяснять взаимосвязь между структурой и функцией нуклеиновых кислот и белков • Описывать этапы реализации генетической информации • Анализировать последствия нарушений в молекулярно-биологических процессах
2	Структура генома прокариот	<ul style="list-style-type: none"> • Особенности организации генома бактерий • Строение бактериальной хромосомы • Плазмиды и их роль • Оперонная организация генов • Регуляторные элементы прокариотического генома 	<ul style="list-style-type: none"> • Анализ схемы бактериальной хромосомы • Групповая работа: сравнение геномов разных видов бактерий по данным из базы NCBI • Составление модели лактозного оперона 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать особенности организации генома прокариот • Объяснять принципы оперонной организации генов • Анализировать функциональное значение различных элементов прокариотического генома
3	Структура генома эукариот	<ul style="list-style-type: none"> • Ядерный геном эукариот, отличия организации от прокариот • Хроматин: структура и уровни компактизации • Эухроматин и гетерохроматин • Структурные элементы генома: экзоны, интроны, 	<ul style="list-style-type: none"> • Практическая работа: моделирование уровней упаковки ДНК • Сравнительная таблица «Геномы прокариот и эукариот» • Анализ структуры типичного эукариотического 	<ul style="list-style-type: none"> • Сравнивать организацию геномов прокариот и эукариот • Объяснять механизмы и биологическое значение упаковки ДНК • Анализировать структуру эукариотического

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>промоторы</p> <ul style="list-style-type: none"> • Мобильные генетические элементы • Внеядерные геномы (митохондрии, хлоропласти) 	гена	<p>гена</p> <ul style="list-style-type: none"> • Оценивать роль некодирующих последовательностей ДНК • Описывать особенности внеядерных геномов
4	Репликация ДНК	<ul style="list-style-type: none"> • Молекулярные механизмы репликации • Ферменты репликации: ДНК-полимеразы, хеликазы, праймазы • Фрагменты Оказаки • Инициация репликации и точки начала репликации • Формирование репликативной вилки 	<ul style="list-style-type: none"> • Моделирование процесса репликации с использованием молекулярных конструкторов • Составление схемы «Ферменты репликации и их функции» • Просмотр и обсуждение анимации процесса репликации 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать в общих чертах молекулярные механизмы репликации ДНК • Объяснять функции основных ферментов репликации • Анализировать этапы инициации репликации • Сравнивать особенности репликации в разных доменах живых организмов
5	Репликация ДНК	<ul style="list-style-type: none"> • Особенности репликации ведущей и отстающей цепи • Терминация репликации • Проблема репликации концов линейных хромосом • Теломеры и теломераза • Ошибки репликации и механизмы их исправления 	<ul style="list-style-type: none"> • Решение задач на расчет времени репликации генома • Анализ научной статьи о современных исследованиях репликации • Дискуссия «Теломеры и старение: связь с продолжительностью жизни» 	<ul style="list-style-type: none"> • Анализировать различия в репликации ведущей и отстающей цепи • Объяснять проблемы репликации концов линейных хромосом и роль теломеразы • Оценивать биологические последствия ошибок репликации • Анализировать связь между репликацией ДНК и продолжительностью жизни организмов
6	Транскрипция и процессинг РНК	<ul style="list-style-type: none"> • Молекулярные механизмы транскрипции • РНК-полимеразы прокариот и эукариот • Структура промоторов • Инициация, 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: моделирование процесса транскрипции • Анализ последовательностей для идентификации промоторов 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять молекулярные механизмы транскрипции • Различать типы РНК-полимераз и их функции • Анализировать структуру

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>элонгация и терминация транскрипции</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сравнение транскрипции у прокариот и эукариот 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление сравнительной таблицы «Транскрипция у прокариот и эукариот» 	<p>промоторов</p> <ul style="list-style-type: none"> • Описывать этапы транскрипции • Сравнивать особенности транскрипции у прокариот и эукариот
7	Транскрипция и процессинг РНК	<ul style="list-style-type: none"> • Процессинг РНК у эукариот (обзор основных процессов) • Кэпирование и полиаденилирование • Сплайсинг: механизм и значение • Альтернативный сплайсинг • Редактирование РНК • Некодирующие РНК и их функции 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление схемы процессинга пре-мРНК • Решение задач на определение продуктов альтернативного сплайсинга • Анализ последствий нарушений сплайсинга для экспрессии генов 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать этапы процессинга пре-мРНК • Объяснять механизм сплайсинга • Анализировать механизмы и биологическое значение альтернативного сплайсинга • Оценивать вклад процессинга РНК в увеличение белкового разнообразия • Характеризовать функции некодирующих РНК
8	Трансляция и биосинтез белка	<ul style="list-style-type: none"> • Генетический код и его свойства • Структура и функции рибосом • Транспортные РНК и аминоацил-тРНК-синтетазы • Инициация, элонгация и терминация трансляции • Полирибосомы • Посттрансляционные модификации белков 	<ul style="list-style-type: none"> • Практическая работа: моделирование процесса трансляции • Составление таблицы «Компоненты аппарата трансляции и их функции» • Решение задач на трансляцию и анализ влияния мутаций 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять молекулярные механизмы трансляции • Описывать структуру и функции компонентов аппарата трансляции • Анализировать этапы инициации, элонгации и терминации трансляции • Объяснять механизмы и значение посттрансляционных модификаций • Оценивать роль правильного фолдинга в функционировании белков

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
9	Регуляция экспрессии генов	<ul style="list-style-type: none"> • Уровни регуляции экспрессии генов • Регуляция у прокариот: индукция и репрессия • Транскрипционные факторы и их роль • Эпигенетические механизмы регуляции • Регуляция на уровне РНК: миРНК, рибопереключатели • Современные методы исследования регуляции генов 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: анализ влияния факторов на экспрессию репортерного гена • Составление схемы «Уровни регуляции экспрессии генов» • Анализ научной статьи об эпигенетической регуляции 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать и сравнивать различные уровни регуляции экспрессии генов • Анализировать механизмы действия транскрипционных факторов • Объяснять эпигенетические механизмы регуляции • Понимать роль некодирующих РНК в регуляции экспрессии генов • Оценивать влияние нарушений регуляции на развитие заболеваний
10	Выделение и анализ РНК	<ul style="list-style-type: none"> • Методы выделения РНК из клеток и тканей • Анализ качества и количества выделенной РНК • Обратная транскрипция и синтез кДНК • ОТ-ПЦР и количественная ПЦР • Секвенирование РНК и транскриптомный анализ • Биоинформационические методы анализа экспрессии генов 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: выделение РНК из растительного материала • Практическая работа: постановка реакции обратной транскрипции • Анализ данных экспрессии генов из открытых баз данных • Оценка качества выделенной РНК 	<ul style="list-style-type: none"> • Выделять РНК из биологического материала • Оценивать качество и количество выделенной РНК • Проводить обратную транскрипцию и ПЦР-анализ • Анализировать данные экспрессии генов • Понимать принципы и возможности транскриптомного анализа • Использовать биоинформационические ресурсы для анализа данных

Методические рекомендации

1. Подготовка материалов:

- Распечатать протоколы для лабораторных работ

- Подготовить наглядные материалы (модели, схемы, иллюстрации)
 - Создать электронные презентации для теоретических блоков
2. Работа с группой:
- Использовать активные методы обучения (дискуссии, проблемные задания)
 - Чередовать теоретические и практические блоки
 - Обеспечивать обратную связь и рефлексию после каждого занятия
3. Учет особенностей 2-го года обучения:
- Акцентировать связь с материалом 1-го года
 - Углублять понимание молекулярных механизмов
 - Развивать навыки критического анализа научной информации
 - Поощрять самостоятельность в выполнении практических заданий
4. Оценивание:
- Использовать разнообразные формы оценки (тесты, практические задания, проекты)
 - Давать конструктивную обратную связь
 - Отслеживать индивидуальный прогресс участников
5. Междисциплинарные связи:
- Подчеркивать связь молекулярной биологии с другими областями (генетика, биохимия)
 - Показывать прикладное значение фундаментальных знаний в биотехнологии
 - Обсуждать современные достижения в области молекулярной биологии и геномного редактирования

**Методическая карта модуля «Программирование на Python
для биоинформатики»
(16 академических часов, 8 занятий)**

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1	Введение в Python и его применение в биоинформатике	<ul style="list-style-type: none"> • Знакомство с Python и его ролью в биоинформатике • Установка и настройка среды разработки (Jupyter Notebook или PyCharm) • Основные типы данных: числа, строки, списки • Переменные и операции с ними • Знакомство с биологическими последовательностями как строками 	<ul style="list-style-type: none"> • Установка необходимого ПО • Выполнение простых заданий на создание переменных и выполнение базовых операций • Работа с простыми биологическими последовательностями в формате строк • Мини-тест на знание основных типов данных 	<ul style="list-style-type: none"> • Установить и настроить среду разработки Python • Создавать переменные различных типов и выполнять с ними операции • Объяснять, почему Python используется в биоинформатике • Представлять простые биологические последовательности в виде строк
2	Работа со строками и основы представления ДНК-последовательностей	<ul style="list-style-type: none"> • Операции со строками: конкатенация, индексация, срезы • Методы строк: поиск, замена, преобразование регистра • Представление ДНК как строки символов • Подсчет нуклеотидов в последовательности • Поиск подпоследовательностей в ДНК • Комплементарные последовательности 	<ul style="list-style-type: none"> • Практические задания на работу со строками • Создание функции для подсчета частоты нуклеотидов в ДНК • Написание программы для поиска специфических последовательностей в ДНК • Создание функции получения комплементарной последовательности 	<ul style="list-style-type: none"> • Применять методы строк для работы с биологическими последовательностями • Создавать программы для анализа состава ДНК • Находить заданные мотивы в последовательностях • Преобразовывать последовательности и ДНК в комплементарные
3	Условные операторы и циклы в обработке биологических данных	<ul style="list-style-type: none"> • Условные операторы (if-elif-else) • Циклы for и while • Итерация по элементам строк и списков • Обработка 	<ul style="list-style-type: none"> • Решение задач на проверку последовательности ДНК на валидность • Создание программы для нахождения всех 	<ul style="list-style-type: none"> • Использовать условные операторы для анализа последовательностей • Применять циклы для обработки

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>последовательностью ДНК с использованием циклов</p> <ul style="list-style-type: none"> • Поиск паттернов с помощью условных операторов • Валидация биологических последовательностей 	<p>вхождений паттерна в ДНК</p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализ GC-состава в последовательности с использованием циклов • Практические задания на фильтрацию данных 	<p>биологических данных</p> <ul style="list-style-type: none"> • Создавать программы для поиска и подсчета мотивов в ДНК • Проверять последовательность ДНК на соответствие биологическим правилам
4	Функции и модули для обработки биологических последовательностей	<ul style="list-style-type: none"> • Создание и использование функций • Передача параметров и возврат значений • Импорт стандартных модулей (math, random) • Документирование кода • Организация кода в модули • Создание библиотеки функций для работы с ДНК 	<ul style="list-style-type: none"> • Создание набора функций для анализа ДНК (подсчет нуклеотидов, GC-состав, транскрипция) • Использование созданных функций для решения задач • Тестирование созданных функций • Разработка и документирование простой библиотеки для работы с биологическими последовательностями 	<ul style="list-style-type: none"> • Создавать и вызывать функции • Разрабатывать модульные программы • Применять стандартные модули Python • Создавать документацию для кода • Разрабатывать многократно используемые функции для анализа ДНК
5	Работа с файлами и форматом FASTA	<ul style="list-style-type: none"> • Чтение и запись текстовых файлов • Формат FASTA для хранения биологических последовательностей • Парсинг FASTA-файлов • Обработка нескольких последовательностей из файла • Сохранение результатов анализа в файл • Обработка ошибок при работе с файлами 	<ul style="list-style-type: none"> • Разработка программы для чтения и анализа FASTA-файлов • Написание парсера для извлечения последовательностей из FASTA • Создание программы для анализа нескольких последовательностей из файла • Сохранение результатов анализа в структурированный отчет 	<ul style="list-style-type: none"> • Читать и записывать текстовые файлы • Парсить файлы в формате FASTA • Извлекать информацию из заголовков FASTA • Обрабатывать множественные последовательности из файла • Создавать отчеты в текстовом формате

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
6	Структуры данных для биоинформатики: списки, словари, множества	<ul style="list-style-type: none"> Списки и операции с ними Словари для хранения биологических данных Множества для эффективного поиска Представление генетического кода с помощью словаря Хранение и обработка данных о множестве последовательностей <i>Подсчет k-меров в последовательности</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Создание словаря для трансляции ДНК в белок Разработка программы для подсчета k-меров в ДНК Использование множеств для нахождения общих мотивов в последовательности x Практические задачи на работу с разными структурами данных 	<ul style="list-style-type: none"> Выбирать подходящие структуры данных для различных биоинформационических задач Использовать словари для представления генетического кода Применять списки для хранения множества последовательностей Использовать множества для эффективного поиска и сравнения <i>Анализировать последовательность на наличие повторяющихся элементов</i>
7	Алгоритмы обработки строк в биоинформатике	<ul style="list-style-type: none"> Алгоритмы поиска подстрок (наивный, Бойера-Мура) Алгоритмы сортировки последовательностей <i>Основы выравнивания последовательностей</i> <i>Вычисление расстояния Хэмминга</i> <i>Поиск мотивов и повторов в ДНК</i> <i>Оценка эффективности алгоритмов</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Реализация простых алгоритмов поиска подстрок <i>Написание программы для вычисления расстояния Хэмминга</i> Разработка алгоритма для нахождения наибольшей общей подпоследовательности <i>Сравнение эффективности различных алгоритмов</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Реализовывать алгоритмы поиска в строках <i>Применять алгоритмы для нахождения схожих участков в ДНК</i> <i>Вычислять расстояние между последовательностями</i> <i>Находить повторяющиеся мотивы в ДНК</i> <i>Оценивать эффективность различных алгоритмов</i>
8	Визуализация данных и практический проект	<ul style="list-style-type: none"> Основы визуализации с использованием matplotlib Построение графиков GC-состава Визуализация 	<ul style="list-style-type: none"> Создание программы для визуализации GC-состава вдоль последовательности Разработка отчета с графиками 	<ul style="list-style-type: none"> Создавать графики с использованием matplotlib <i>Визуализировать результаты анализа ДНК</i>

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		частоты нуклеотидов • Представление результатов анализа • Финальный проект: комплексный анализ ДНК-последовательности • Подведение итогов модуля	распределения нуклеотидов • Выполнение финального проекта: комплексный анализ выбранной последовательности ДНК • Представление результатов проекта	• Интерпретировать графики GC-состава • Интегрировать различные методы анализа в единую программу • Представлять результаты анализа в понятной форме

**Методические рекомендации по проведению модуля
«Программирование на Python для биоинформатики»**

Рекомендации для преподавателя информатики без опыта в биоинформатике:

1. Подготовка к занятиям:

- Перед каждым занятием просмотрите биологические концепции, которые будут затрагиваться
- Используйте готовые примеры кода и упражнения из методических материалов
- Подготовьте короткий глоссарий биологических терминов для каждого занятия
- При необходимости обратитесь к учителю биологии для консультации по биологическим аспектам

2. Организация работы на занятии:

- Начинайте каждое занятие с короткого повторения как программистских, так и биологических понятий
- Используйте командную работу, чтобы участники могли дополнять знания друг друга
- Разделите практические задания на блоки по программированию и по биологической интерпретации
- Заранее проверьте работоспособность всех примеров кода

3. Работа с биологическими понятиями:

- Используйте упрощенные аналогии для объяснения биологических концепций
- Подготовьте наглядные материалы (схемы, рисунки) для иллюстрации биологических процессов

- Фокусируйтесь на тех биологических понятиях, которые необходимы для решения конкретных задач
- Не углубляйтесь в сложные биологические темы, которые не релевантны для программирования

4. Подход к обучению программированию:

- Акцентируйте внимание на алгоритмах обработки строк, так как они составляют основу работы с ДНК
- Демонстрируйте применение программирования для решения конкретных биологических задач
- Используйте пошаговые инструкции для более сложных заданий
- Связывайте новые концепции программирования с уже знакомыми участниками понятиями

Материалы и ресурсы для проведения занятий

1. Готовые примеры кода:

- Для каждого занятия подготовлены файлы с примерами кода, которые можно использовать как основу
- Код содержит комментарии, объясняющие как программистские, так и биологические аспекты
- Примеры включают решения типовых биоинформационических задач

2. Демонстрационные данные:

- Набор коротких последовательностей ДНК для первых занятий
- FASTA-файлы с реальными биологическими последовательностями для более продвинутых занятий
- Примеры результатов анализа для демонстрации целей обучения

3. Учебные материалы:

- Краткие справочные материалы по основам молекулярной биологии
- Глоссарий биологических терминов с простыми объяснениями
- Рабочие листы с задачами разного уровня сложности
- Визуальные схемы, иллюстрирующие связь программирования с биологическими процессами

4. Дополнительные ресурсы:

- Ссылки на онлайн-ресурсы для углубленного изучения
- Видеоматериалы, объясняющие основы молекулярной биологии
- Интерактивные симуляторы для демонстрации биологических процессов

Структура типового занятия (2 академических часа):

1. Введение и повторение (15 минут):

- Краткое повторение материала предыдущего занятия

- Обзор новых понятий (как программистских, так и биологических)
 - Постановка целей занятия
2. Теоретическая часть (25 минут):
- Объяснение новых концепций программирования
 - Краткое введение в биологические аспекты темы
 - Демонстрация примеров кода и их применения
3. Практическая работа (40 минут):
- Выполнение учащимися практических заданий
 - Работа в парах или малых группах
 - Индивидуальные консультации преподавателя
4. Обсуждение и рефлексия (15 минут):
- Разбор типичных ошибок и трудностей
 - Обсуждение полученных результатов
 - Связь изученного материала с предстоящими задачами
5. Заключение и домашнее задание (5 минут):
- Подведение итогов занятия
 - Объяснение домашнего задания
 - Анонс следующего занятия

Рекомендации по оценке результатов обучения:

1. Формирующее оценивание:
 - Регулярная проверка понимания через мини-задачи
 - Наблюдение за работой учащихся во время практических заданий
 - Использование вопросов для проверки понимания биологических концепций
 2. Итоговое оценивание:
 - Выполнение финального проекта, интегрирующего различные аспекты курса
 - Оценка правильности работы программы и понимания биологического контекста
 - Презентация результатов проекта перед группой
 3. Критерии оценки:
 - Корректность работы программы
 - Эффективность использованных алгоритмов
 - Правильность интерпретации биологических данных
 - Качество кода (структура, комментарии, оформление)
 - Способность объяснить принцип работы программы
- Адаптация для учащихся с разным уровнем подготовки
1. Для учащихся с сильной подготовкой в программировании:

- Дополнительные задания на оптимизацию алгоритмов
 - Возможность исследовать более сложные биологические концепции
 - Работа с реальными научными данными
2. Для учащихся с сильной подготовкой в биологии:
- Фокус на постепенном освоении программистских навыков
 - Использование биологических знаний для контекстуализации задач
 - Роль консультанта по биологическим вопросам в групповой работе
3. Для учащихся с минимальной подготовкой:
- Использование более подробных пошаговых инструкций
 - Работа с упрощенными примерами и небольшими последовательностями
 - Больше внимания базовым концепциям как в программировании, так и в биологии

**Методическая карта модуля "Введение в геномное редактирование"
(14 академических часов, 7 занятий)**

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. История открытия методов геномного редактирования	<ul style="list-style-type: none"> • Эволюция методов работы с генетическим материалом • Ключевые научные открытия • Технологии-предшественники: мегануклеазы, ZFN, TALEN • Сравнительная характеристика методов редактирования 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление хронологической ленты времени "История геномного редактирования" • Групповое обсуждение: "Как изменились возможности ученых с появлением технологий геномного редактирования?" • Анализ видеоматериалов о применении геномного редактирования 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать основные вехи в истории развития технологий геномного редактирования • Объяснять различия между различными подходами к редактированию генома • Приводить примеры практического применения технологий геномного редактирования • Сравнивать возможности и ограничения различных методов редактирования генома
2. Системы рестрикции-модификации у бактерий	<ul style="list-style-type: none"> • Природные системы защиты бактерий от чужеродной ДНК • Рестрикционные ферменты и их типы • Модификация ДНК как защитный механизм • Сайты рестрикции • Эволюционное значение систем рестрикции-модификации 	<ul style="list-style-type: none"> • Моделирование работы рестрикционных ферментов • Решение задач на определение сайтов рестрикции в последовательностях ДНК • Составление схемы "Системы защиты бактерий от чужеродной ДНК" 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять принципы работы систем рестрикции-модификации у бактерий • Распознавать сайты рестрикции в последовательностях ДНК • Сравнивать разные типы защитных систем бактерий • Объяснять эволюционное значение систем рестрикции-модификации
3. Открытие CRISPR/Cas и его природная функция	<ul style="list-style-type: none"> • История открытия CRISPR-последовательностей • Строение CRISPR-касsetы • Механизм адаптивного иммунитета бактерий 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление схемы работы CRISPR/Cas как иммунной системы бактерий • Анализ структуры CRISPR-касsetы на конкретных примерах • Ролевая игра 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать строение CRISPR-касsetы • Объяснять механизм защиты бактерий от вирусов с помощью CRISPR/Cas • Различать разные типы систем CRISPR/Cas

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	<ul style="list-style-type: none"> Этапы работы CRISPR/Cas: адаптация, экспрессия, интерференция Типы систем CRISPR/Cas 	"Иммунная память бактерий"	<ul style="list-style-type: none"> Объяснять, как природный механизм был адаптирован для технологий геномного редактирования
4. Основные компоненты системы CRISPR/Cas9	<ul style="list-style-type: none"> Белок Cas9: структура и функции гРНК: структура и роль в наведении PAM-последовательность и ее значение Механизм узнавания и разрезания ДНК-мишени Специфичность системы CRISPR/Cas9 	<ul style="list-style-type: none"> Создание модели комплекса Cas9-гРНК Практическая работа: определение PAM-последовательностей в заданных фрагментах ДНК Моделирование работы системы CRISPR/Cas9 	<ul style="list-style-type: none"> Описывать структуру и функции основных компонентов системы CRISPR/Cas9 Объяснять роль PAM-последовательности в работе системы Моделировать процесс распознавания и разрезания ДНК-мишени Предсказывать результаты взаимодействия комплекса Cas9-гРНК с различными последовательностями ДНК
5. Механизмы репарации двуцепочечных разрывов ДНК	<ul style="list-style-type: none"> Типы повреждений ДНК Негомологичное соединение концов (NHEJ) Гомологичная рекомбинация (HDR) Микрогомология-опосредованное соединение концов (MMEJ) Влияние механизма репарации на результат редактирования 	<ul style="list-style-type: none"> Моделирование процессов репарации Составление сравнительной таблицы механизмов репарации ДНК Решение задач на предсказание результатов репарации при разных условиях 	<ul style="list-style-type: none"> Различать основные механизмы репарации двуцепочечных разрывов ДНК Объяснять влияние механизма репарации на результат геномного редактирования Предсказывать последствия разрезания ДНК в различных контекстах Сравнивать эффективность разных механизмов репарации
6. Применение CRISPR/Cas9 для редактирования генома	<ul style="list-style-type: none"> Стратегии редактирования: нокаут генов, точечные мутации, вставка фрагментов Принципы дизайна гРНК Способы доставки компонентов системы в клетку 	<ul style="list-style-type: none"> Дизайн гРНК для редактирования модельного гена Анализ кейсов успешного применения CRISPR/Cas9 Мини-проект "Моя идея применения CRISPR/Cas9" 	<ul style="list-style-type: none"> Описывать различные стратегии редактирования генома с помощью CRISPR/Cas9 Объяснять принципы дизайна гРНК Предлагать способы решения практических задач с помощью

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	<ul style="list-style-type: none"> • Оценка эффективности редактирования • Области применения CRISPR/Cas9 		<p>CRISPR/Cas9</p> <ul style="list-style-type: none"> • Оценивать потенциальные результаты редактирования
7. Другие системы редактирования генома	<ul style="list-style-type: none"> • Системы CRISPR/Cas12, CRISPR/Cas13 • Базовые редакторы • Прайм-редакторы • Сравнение эффективности и специфичности различных систем • Перспективы развития технологий геномного редактирования 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление сравнительной таблицы систем геномного редактирования • Дискуссия "Какие технологии будут развиваться в будущем?" • Выбор оптимальной системы редактирования для разных задач 	<ul style="list-style-type: none"> • Различать разные системы редактирования генома • Объяснять преимущества и недостатки различных систем • Выбирать оптимальную систему для решения конкретных задач • Прогнозировать направления развития технологий геномного редактирования
8. Этические аспекты геномного редактирования	<ul style="list-style-type: none"> • Риски технологий геномного редактирования • Регулирование исследований • Этические дилеммы: соматическое vs зародышевое редактирование • Социальные и экономические последствия внедрения технологий • Международные нормы и этические кодексы 	<ul style="list-style-type: none"> • Дебаты "За" и "против" редактирования зародышевой линии • Анализ этических кодексов в области геномного редактирования • Ролевая игра "Комитет по биоэтике" • Написание эссе "Моя этическая позиция" 	<ul style="list-style-type: none"> • Формулировать этические проблемы, связанные с геномным редактированием • Анализировать различные точки зрения на этические аспекты • Формировать и аргументировать собственную позицию • Оценивать потенциальные социальные последствия применения технологий
9. Геномное редактирование в заданиях НТО	<ul style="list-style-type: none"> • Типы заданий НТО, связанные с геномным редактированием • Дизайн гРНК • Анализ результатов редактирования • Комплексные задачи на применение CRISPR/Cas 	<ul style="list-style-type: none"> • Решение заданий из прошлых олимпиад • Групповая работа над комплексными задачами • Соревнование команд по решению задач на время 	<ul style="list-style-type: none"> • Распознавать типы заданий, связанных с геномным редактированием • Применять изученные концепции для решения задач • Анализировать и интерпретировать результаты экспериментов по

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Стратегии решения задач НТО		геномному редактированию

Методические рекомендации для преподавателей

Общие рекомендации по организации обучения

1. Структура занятий

- 1) Начинайте каждое занятие с краткого повторения предыдущего материала и связи с новой темой (5-7 минут)
- 2) Разделите занятие на теоретическую часть (30-35 минут) и практическую часть (45-50 минут)
- 3) Завершайте занятие рефлексией, акцентируя внимание на практическом значении изученного материала
- 4) Включайте элементы дискуссии и обсуждения для развития критического мышления

2. Учет подготовки участников

- 1) Опирайтесь на знания, полученные в предыдущих модулях (ДНК, гены, молекулярные процессы)
- 2) Вводите новую терминологию постепенно, связывая ее с уже известными понятиями
- 3) Используйте визуализацию и упрощенные модели для объяснения сложных концепций
- 4) Предусмотрите дополнительные материалы для самостоятельного изучения заинтересованными учащимися

3. Работа с мотивацией

- 1) Демонстрируйте реальные примеры применения геномного редактирования в медицине, сельском хозяйстве, биотехнологии
- 2) Обсуждайте актуальные новости и достижения в области геномного редактирования
- 3) Организуйте встречи (очные или онлайн) с учеными, работающими в этой области
- 4) Покажите связь между изучаемым материалом и заданиями НТО по этой теме

4. Аналогии и упрощения

5. Сравнение с текстовым редактором. Представьте геном как огромную книгу, а методы геномного редактирования — как инструменты для редактирования текста, от простого зачеркивания (ранние методы) до точного исправления опечаток (современные методы).

6. Эволюция технологий. Сравните развитие методов геномного редактирования с эволюцией телефонов — от громоздких и неудобных устройств до современных смартфонов.
- Система безопасности. Представьте бактерию как замок с системой безопасности, которая распознает "своих" (собственную ДНК) и "чужих" (вирусную ДНК) и уничтожает непрошеных гостей.
 - Паспортный контроль. Рестриктазы как пограничники, которые проверяют "паспорта" (последовательности ДНК) и пропускают только "граждан" (метилированную ДНК бактерии).
 - Библиотека вирусных угроз. CRISPR-кассета как библиотека, где бактерия хранит "фотографии преступников" (фрагменты вирусных геномов), чтобы быстро их распознавать при повторном вторжении.
 - GPS-навигатор и ножницы. гРНК как GPS-навигатор, который направляет "молекулярные ножницы" (белок Cas9) к нужному месту в геноме.
 - Замок и ключ. РАМ-последовательность как замочная скважина, которая должна присутствовать рядом с целевой последовательностью, чтобы Cas9 мог "вставить ключ".
 - Ремонтные бригады. Представьте разные механизмы репарации как разные "ремонтные бригады" с различными подходами к работе:
 - NHEJ — "быстрая бригада", которая просто соединяет концы ДНК без проверки правильности, часто оставляя "ошибки" (вставки или делеции).
 - HDR — "тщательная бригада", которая использует шаблон для точного восстановления, но работает медленно и только в определенное время.
 - Почкина поврежденной книги. Сравните разные подходы к ремонту разорванной страницы в книге — можно просто склеить края (NHEJ) или заменить страницу, скопировав с целой книги (HDR).
 - Редактирование текста. Сравните разные стратегии редактирования генома с операциями в текстовом редакторе:
 - Нокаут гена — удаление абзаца
 - Точечная мутация — исправление опечатки
 - Вставка гена — добавление нового раздела в текст
 - Доставка почты. Представьте доставку компонентов CRISPR/Cas в клетку как доставку посылки в дом — есть разные способы (вирусные векторы, липосомы, электропорация), каждый со своими преимуществами и недостатками.

Методическая карта модуля «Методы молекулярной диагностики»
(22 академических часов, 11 занятий)

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1	Введение в методы молекулярной диагностики	<ul style="list-style-type: none"> • Понятие о молекулярной диагностике и ее значении • Классификация методов молекулярной диагностики • История развития методов • Материалы для молекулярной диагностики: ДНК, РНК, белки • Основные этапы молекулярно-диагностического исследования • Инструменты молекулярной диагностики: ферменты, праймеры, зонды 	<ul style="list-style-type: none"> • Входное тестирование для оценки исходного уровня знаний • Составление схемы «Методы молекулярной диагностики и их применение» • Работа с терминологическими карточками • Групповое обсуждение «Почему важна молекулярная диагностика?» 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять основные понятия молекулярной диагностики • Классифицировать методы по принципу действия • Описывать основные этапы молекулярно-диагностического исследования • Различать типы биологического материала для диагностики
2	Полимеразная цепная реакция: принципы и компоненты	<ul style="list-style-type: none"> • Принцип метода ПЦР • Компоненты ПЦР-смеси: матрица, праймеры, нуклеотиды, буфер, полимераза • Этапы ПЦР-реакции: денатурация, отжиг, элонгация • Температурные режимы ПЦР • Типы праймеров и правила их подбора • Амплификатор: устройство и принцип работы 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление схемы цикла ПЦР с указанием температурных режимов • Работа с моделью: сборка компонентов ПЦР-смеси (с использованием цветных карточек) • Решение задач на подбор праймеров для ПЦР • Викторина «Компоненты ПЦР» 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять принцип метода ПЦР • Описывать состав ПЦР-смеси и роль каждого компонента • Объяснять значение температурных режимов в цикле ПЦР • Формулировать основные правила дизайна праймеров
3	Типы ПЦР и их применение	<ul style="list-style-type: none"> • Классическая ПЦР • Анализ 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторная работа: подготовка 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять принципы

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>результатов ПЦР: электрофорез</p> <ul style="list-style-type: none"> • Применение ПЦР в медицинской диагностике и криминалистике • <i>ПЦР в реальном времени (qPCR)</i> • <i>Мультиплексная ПЦР</i> • <i>Обратная транскрипция и ОТ-ПЦР</i> 	<p>геля для электрофореза</p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализ готовых результатов ПЦР на электрофорограммах • <i>Сравнительная таблица «Типы ПЦР и их применение»</i> • <i>Мини-кейс «Выбор типа ПЦР для конкретной задачи»</i> 	<p>визуализации результатов ПЦР</p> <ul style="list-style-type: none"> • Интерпретировать простые электрофорограммы • <i>Различать типы ПЦР по их назначению</i> • <i>Обосновывать выбор типа ПЦР для решения конкретных задач</i>
4	Практическая работа: постановка ПЦР с использованием готовых наборов	<ul style="list-style-type: none"> • Техника безопасности при работе в молекулярно-биологической лаборатории • Знакомство с амплификатором и его основными функциями • Правила работы с дозаторами и микропробирками • Практическое использование набора для ПЦР «Определение пола человека» • Приготовление ПЦР-смеси по готовому протоколу • Программирование амплификатора для стандартной ПЦР • Подготовка к проведению электрофореза 	<ul style="list-style-type: none"> • Инструктаж по технике безопасности с последующим тестом • Тренировка в правильном использовании дозаторов на образцах воды • Практическая работа: приготовление ПЦР-смеси согласно протоколу набора • Заполнение рабочего листа с указанием объемов компонентов • Программирование простого температурного режима на амплификаторе • Взаимопроверка правильности сборки ПЦР-смеси 	<ul style="list-style-type: none"> • Соблюдать правила техники безопасности при работе с биологическим материалом • Правильно использовать дозаторы для отбора малых объемов жидкости • Собирать ПЦР-смесь по готовому протоколу • Настраивать простой режим работы амплификатора • Вести лабораторный журнал с записью всех этапов работы
5	Электрофоретический анализ продуктов ПЦР	<ul style="list-style-type: none"> • Принцип гель-электрофореза • Подготовка агарозного геля • Нанесение образцов и маркера 	<ul style="list-style-type: none"> • Практическая работа: проведение гель-электрофореза продуктов ПЦР • Зарисовка и интерпретация полученных 	<ul style="list-style-type: none"> • Готовить агарозный гель для электрофореза • Проводить электрофорез ДНК • Анализировать электрофорограммы

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>молекулярного веса</p> <ul style="list-style-type: none"> • Проведение электрофореза • Визуализация результатов с помощью трансиллюминатора • Интерпретация результатов ПЦР 	<p>электрофорограмм</p> <ul style="list-style-type: none"> • Сравнение полученных результатов с ожидаемыми • Групповое обсуждение возможных ошибок и их причин 	<p>ы и определять размер фрагментов ДНК</p> <ul style="list-style-type: none"> • Интерпретировать результаты ПЦР • Выявлять и объяснять возможные ошибки
6	Основы секвенирования ДНК	<ul style="list-style-type: none"> • История развития методов определения последовательности ДНК • Метод Сэнгера: базовый принцип работы • Понятие о дидезоксинуклеотидах и их роли в секвенировании • Чтение и интерпретация простых секвенограмм • Современные технологии секвенирования: общий обзор • Применение секвенирования в науке и медицинской диагностике 	<ul style="list-style-type: none"> • Просмотр и обсуждение видеоматериалов о методе Сэнгера • Работа с упрощенными схемами секвенирующей реакции • Анализ готовых секвенограмм с простыми последовательностями • Определение нуклеотидной последовательности по учебным секвенограммам • Групповая дискуссия о применении секвенирования в современной науке 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять базовый принцип метода Сэнгера • Описывать роль дидезоксинуклеотидов в секвенировании • Читать простые секвенограммы и определять последовательность нуклеотидов • Различать основные методы секвенирования • Приводить примеры практического применения секвенирования
7	Базы данных биологических последовательностей	<ul style="list-style-type: none"> • Понятие о базах данных нуклеотидных последовательностей • Знакомство с базой данных NCBI: структура и основные разделы • Поиск последовательностей генов и белков в базах данных • Идентификация 	<ul style="list-style-type: none"> • Демонстрация работы с базой данных NCBI • Практическая работа: поиск известных генов человека в GenBank • Выполнение простого BLAST-анализа для идентификации модельной последовательности 	<ul style="list-style-type: none"> • Выполнять поиск генов и белков в базе данных NCBI • Использовать BLAST для идентификации неизвестных последовательностей • Проводить простое выравнивание последовательностей

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p><i>неизвестных последовательностей с помощью BLAST</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Выравнивание последовательностей: основные принципы • Практическое использование онлайн-инструментов для анализа ДНК 	<p>и</p> <ul style="list-style-type: none"> • Групповая работа: сравнение последовательностей одного гена у разных организмов • Мини-проект: анализ эволюционной консервативности участка гена 	<ul style="list-style-type: none"> • Анализировать результаты выравнивания • Применять онлайн-инструменты для решения биологических задач
8	Рестрикционный анализ ДНК	<ul style="list-style-type: none"> • Понятие о рестрикционных ферментах: функция и механизм действия • Сайты рестрикции: распознавание последовательностей ДНК • Визуализация продуктов рестрикции с помощью электрофореза • Анализ размеров фрагментов ДНК с использованием маркеров молекулярного веса • Применение рестрикционного анализа в диагностике 	<ul style="list-style-type: none"> • Решение простых задач на определение сайтов рестрикции • Моделирование рестрикционного анализа с использованием бумажных схем • Анализ готовых электрофореграмм рестрикционного анализа • Составление схемы процесса рестрикционного анализа • Групповая работа: определение размеров фрагментов ДНК по электрофорограмме 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять понятие рестриктазы и принцип их действия • Находить сайты рестрикции в простых последовательностях ДНК • Интерпретировать результаты рестрикционного анализа • Определять размеры фрагментов ДНК с использованием маркеров • Понимать применение рестрикционного анализа в диагностике
9	Основы гибридизационных методов в молекулярной диагностике	<ul style="list-style-type: none"> • Комплémentарность как основа гибридизации нуклеиновых кислот • Простые гибридизационные методы: принцип действия • Зонды для обнаружения 	<ul style="list-style-type: none"> • Групповой проект: разработка простой схемы диагностики наследственного заболевания • Составление сравнительной таблицы методов молекулярной диагностики • Анализ кейсов использования 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять принцип комплементарности и его роль в гибридизации • Понимать основы гибридизационных методов • Различать области применения разных методов молекулярной

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>специфических последовательностей ДНК</p> <ul style="list-style-type: none"> • Применение гибридизации в диагностике и генетическом анализе • Гибридизация как этап в других молекулярно-биологических методах • Обзор и сравнение изученных методов молекулярной диагностики 	<p>молекулярной диагностики в медицине</p> <ul style="list-style-type: none"> • Итоговый тест по всему модулю с акцентом на базовые принципы методов • Презентация групповых проектов 	<p>диагностики</p> <ul style="list-style-type: none"> • Разрабатывать простые диагностические схемы • Систематизировать знания о методах молекулярной биологии

Методические рекомендации по проведению занятий

Особенности работы с участниками:

1. Введение в терминологию:

- Постепенное введение новых терминов с обязательным пояснением
- Составление словаря терминов, который пополняется в ходе изучения модуля
- Использование наглядных материалов и аналогий для объяснения сложных понятий

2. Визуализация процессов:

- Использование схем, анимаций и видеоматериалов для демонстрации процессов
- Применение цветового кодирования для различных компонентов (например, праймеры, полимераза)
- Работа с моделями и карточками для моделирования молекулярных процессов

3. Практические работы:

- Подробные пошаговые инструкции для всех практических работ
- Демонстрация каждого этапа преподавателем перед самостоятельным выполнением
- Работа в малых группах (2-3 человека) для взаимной поддержки и проверки
- Постоянное сопровождение и консультирование преподавателем

4. Адаптация содержания:

- Акцент на базовых принципах, без углубления в детали
- Связь новых знаний с уже известными понятиями из школьного курса биологии
- Использование примеров из повседневной жизни и медицины для повышения интереса
- Постепенное повышение сложности материала

Рекомендации по использованию оборудования из инфраструктурного листа:

1. Работа с амплификатором:

- Подробное объяснение устройства и принципа работы прибора
- Демонстрация программирования с объяснением выбора температурных режимов
- Контроль за правильностью установки пробирок в термоблок
- Обсуждение особенностей работы с малым количеством образцов (16 лунок)

2. Проведение электрофореза:

- Подробная инструкция по приготовлению агарозного геля
- Демонстрация правильного нанесения образцов и подключения камеры к источнику питания
- Контроль за безопасностью при работе с электрическим током
- Обучение правильной интерпретации результатов на трансиллюминаторе

3. Работа с дозаторами:

- Обучение правильному удерживанию и использованию дозаторов
- Тренировка на воде перед работой с реальными реагентами
- Особое внимание к правильной установке наконечников и их сбросу
- Контроль за точностью набора объемов

4. Использование наборов для ПЦР:

- Изучение состава набора и назначения каждого компонента
- Объяснение важности соблюдения последовательности добавления компонентов
- Демонстрация правильного перемешивания и центрифугирования образцов
- Организация рабочего места для предотвращения контаминации

**Методическая карта модуля «Инженерная вирусология
и микробиология»
(16 академических часов, 8 занятий)**

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1	Введение в мир вирусов: что такое вирусы и как их изучают	<ul style="list-style-type: none"> Основные понятия вирусологии: вирус, вирион, капсид История открытия вирусов Особенности вирусов как неклеточной формы жизни Отличия вирусов от клеточных организмов Роль вирусов в природе и жизни человека Методы изучения вирусов 	<ul style="list-style-type: none"> Входное тестирование на знание базовых понятий биологии Обсуждение: «Вирусы - живые или неживые?» Работа в группах: составление сравнительной таблицы «Клетка и вирус» Анализ инфографики по истории открытия и изучения вирусов 	<ul style="list-style-type: none"> Объяснять, что такое вирусы и чем они отличаются от клеточных организмов Называть основные вехи в истории изучения вирусов Описывать общие характеристики вирусов Приводить примеры распространенных вирусов Объяснять значение вирусов в природе и жизни человека
2	Строение вирусов: разнообразие форм и структур	<ul style="list-style-type: none"> Общая структура вирусной частицы Типы нуклеиновых кислот в вирусах (ДНК и РНК) Капсиды вирусов: типы организации (спиральный, икосаэдрический) Сложные вирусы: оболочечные и безоболочечные Размеры вирусов и их разнообразие Классификация вирусов 	<ul style="list-style-type: none"> Работа с молекулярными моделями вирусных капсидов Создание схематических рисунков разных типов вирусов Игра «Конструктор вирусов» - создание модели вирусной частицы из подручных материалов Анализ электронных микрофотографий различных вирусов 	<ul style="list-style-type: none"> Описывать основные компоненты вирусной частицы Различать типы нуклеиновых кислот в вирусах Объяснять принципы организации вирусных капсидов Сравнивать строение простых и сложных вирусов Классифицировать вирусы по основным признакам
3	Репликация вирусов: как	<ul style="list-style-type: none"> Общая схема репликации вирусов Связь между типом 	<ul style="list-style-type: none"> Создание пошаговой схемы жизненного цикла 	<ul style="list-style-type: none"> Объяснять основные этапы вирусного цикла

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	вирусы размножаются	генома вируса и механизмом репликации • Основные этапы вирусного цикла: прикрепление, проникновение, синтез, сборка, выход • Особенности репликации ДНК-содержащих вирусов • Особенности репликации РНК-содержащих вирусов • Понятие о ретровириусах и обратной транскрипции	вируса • Создание пошаговой схемы репликации вируса • Анализ анимационных видео процесса вирусной репликации • Моделирование цикла репликации с помощью карточек-этапов • Решение задач на определение стратегии репликации вируса по характеристикам его генома	Описывать общую схему репликации вирусов • Различать стратегии репликации разных типов вирусов • Объяснять принцип работы обратной транскриптазы • Связывать тип вирусного генома со стратегией репликации
4	Взаимодействие вирусов с клеткой-хозяином: заражение и защита	• Механизмы прикрепления вирусов к клетке (рецепторы) • Проникновение вирусов в клетку • Клеточные факторы, необходимые для репликации вирусов • Влияние вирусной инфекции на клетку • Клеточные защитные механизмы против вирусов • Иммунный ответ организма на вирусную инфекцию	• Составление схемы «Пути проникновения вирусов в клетку» • Ролевая игра «Вирус и клетка» - моделирование процесса инфицирования • Анализ видеоматериалов о взаимодействии вирусов с клеткой • Обсуждение: «Как клетка защищается от вирусов?»	• Описывать механизмы прикрепления вирусов к клетке • Объяснять, как вирусы проникают в клетку • Приводить примеры влияния вирусов на клетку-хозяина • Называть клеточные защитные механизмы против вирусов • Объяснять, почему разные вирусы заражают разные типы клеток
5	Практическая работа: моделирование распространения вирусной инфекции	• Повторение основных понятий о вирусах и их репликации • Принципы эпидемиологического моделирования • Факторы, влияющие на распространение	• Практическая работа: компьютерное или настольное моделирование распространения вирусной инфекции • Расчет базового	• Объяснять принципы распространения вирусных инфекций • Рассчитывать базовые параметры эпидемического

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>вирусной инфекции</p> <ul style="list-style-type: none"> • Моделирование распространения инфекции в популяции • Методы предотвращения распространения вирусных инфекций 	<p><i>репродуктивного числа (R_0) для модельной инфекции</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализ факторов, влияющих на скорость распространения инфекции • Разработка стратегии сдерживания эпидемии в модельной популяции 	<p>процесса</p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализировать факторы, влияющие на распространение инфекции • Предлагать обоснованные меры по сдерживанию инфекции • Использовать простые модели для прогнозирования развития эпидемии
6	Вирусы как инструменты молекулярной биологии	<ul style="list-style-type: none"> • Вирусы как векторы для переноса генетического материала • Современные достижения в использовании вирусов в биотехнологии • <i>Основные типы вирусных векторов (ретровирусные, адено-вирусные, лентивирусные)</i> • Применение вирусных векторов в генной терапии • Использование бактериофагов в биотехнологии • Методы визуализации вирусов в исследованиях 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление схемы создания вирусного вектора • Анализ кейсов успешного применения вирусных векторов в генной терапии • Групповая дискуссия: «Преимущества и риски использования вирусных векторов» • Мини-проект: «Дизайн вирусного вектора для решения конкретной задачи» 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать перспективы использования вирусов в биомедицине • Объяснять принцип использования вирусов в качестве векторов • Различать основные типы вирусных векторов • Приводить примеры применения вирусных векторов • Обсуждать этические аспекты использования вирусов в биотехнологии
7	Бактериальные системы CRISPR как система защиты от вирусов	<ul style="list-style-type: none"> • Взаимодействие бактерий и вирусов (бактериофагов) • Бактериальные системы защиты от вирусов • Структура и функции системы CRISPR-Cas • Механизм работы 	<ul style="list-style-type: none"> • Составление схемы работы системы CRISPR-Cas в бактериях • Анализ анимационных видео о функционировании CRISPR 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать структуру и функции системы CRISPR-Cas • Объяснять механизм защиты бактерий от бактериофагов • Сравнивать

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		CRISPR-Cas в защите от бактериофагов • Роль CRISPR в эволюции взаимоотношений вирусов и бактерий • Связь с предыдущими темами о защите клеток от вирусов	• Сравнение CRISPR с другими системами защиты клеток • Игровое моделирование «CRISPR против фага»	CRISPR с другими системами клеточной защиты • Объяснять эволюционное значение системы CRISPR • Связывать знания о CRISPR с ранее изученной темой о защите клеток от вирусов
8	От защиты к редактированию: применение CRISPR в биотехнологии	• От природной системы защиты к инструменту редактирования генома • Принцип работы CRISPR-Cas9 как инструмента редактирования • Компоненты системы CRISPR-Cas9 для редактирования генома • Простейшие примеры применения CRISPR-Cas9 • Этические вопросы редактирования генома • Итоговый обзор всего модуля и связь с другими разделами биологии	• Составление схемы применения CRISPR-Cas9 для редактирования генома • Решение задач на проектирование гидов для CRISPR-Cas9 • Дебаты: «Этические границы редактирования генома» • Итоговое тестирование по всему модулю • Групповая рефлексия и обсуждение изученного материала	• Объяснять принцип работы CRISPR-Cas9 как инструмента редактирования • Описывать компоненты системы редактирования CRISPR-Cas9 • Приводить примеры применения CRISPR в биотехнологии • Обсуждать этические аспекты редактирования генома

Методические рекомендации по проведению занятий модуля

Учет уровня подготовки участников:

1. Использовать визуальные материалы и аналогии:

- Применять яркие иллюстрации, анимации и видео для демонстрации строения, и жизненного цикла вирусов
- Объяснять сложные процессы через понятные аналогии (например, вирус как «флешка с программой», капсид как «защитный футляр»)
- Постепенно вводить научную терминологию, сопровождая каждый новый термин простым объяснением и визуальной опорой

2. Обеспечить связь с предыдущими модулями и повседневным опытом:
 - Регулярно обращаться к ранее изученным темам о строении клетки, ДНК, РНК и белках
 - Связывать новые знания с личным опытом участников (ОРВИ, грипп, COVID-19)
 - Использовать актуальные примеры из новостей и социальных медиа
 3. Применять интерактивные методы обучения:
 - Проводить простые демонстрационные эксперименты и моделирование
 - Использовать ролевые игры для имитации процессов взаимодействия вирусов с клетками
 - Организовывать работу в малых группах для взаимного обучения и поддержки
 4. Обеспечить постепенное усложнение материала:
 - Начинать с базовых понятий и простых моделей
 - Постепенно вводить более сложные концепции на основе уже усвоенных знаний
 - Регулярно проверять понимание с помощью вопросов и обратной связи
- Связь с жизненным опытом и практическим применением:
1. Обсуждение актуальных вопросов:
 - Вакцинация и иммунопрофилактика
 - Меры профилактики вирусных инфекций
 - Роль вирусов в эволюции и биоразнообразии
 2. Практические навыки и знания:
 - Понимание механизмов распространения вирусных инфекций
 - Оценка эффективности профилактических мер
 - Критический анализ информации о вирусах в СМИ
 3. Этические аспекты:
 - Обсуждение ответственного использования биотехнологий
 - Рассмотрение этических вопросов редактирования генома
 - Формирование ответственного отношения к научным открытиям

Методическая карта модуля «Прикладная биотехнология»
(16 академических часов, 8 занятий)

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1	Введение в прикладную биотехнологию	<ul style="list-style-type: none"> История развития биотехнологии: от традиционных процессов (хлебопечение, виноделие) до современных методов Ключевые направления современной биотехнологии (медицинская, сельскохозяйственная, промышленная, экологическая) Основные методы и инструменты биотехнологии (ферментация, клеточные культуры, генная инженерия) Социальное и экономическое значение биотехнологий в современном мире Биотехнологические продукты в повседневной жизни 	<ul style="list-style-type: none"> Групповая работа: составление схемы «Биотехнологии вокруг нас» (выявление биотехнологических продуктов в повседневной жизни) Дискуссия «Как биотехнологии меняют нашу жизнь?» Составление интерактивной временной ленты развития биотехнологии Входное тестирование для определения уровня знаний 	<ul style="list-style-type: none"> Определять биотехнологию как науку и описывать её основные направления Приводить примеры биотехнологических продуктов в повседневной жизни Объяснять значение биотехнологии для решения глобальных проблем человечества Описывать основные исторические этапы развития биотехнологии
2	Основы генной терапии	<ul style="list-style-type: none"> Концепция генной терапии: лечение заболеваний путем исправления генетических дефектов Виды генной терапии: ex vivo и in vivo Методы доставки генетического материала в клетки (вирусные и невирусные векторы) Применение генной 	<ul style="list-style-type: none"> Работа в малых группах: создание схемы «Путь от генетического дефекта к терапии» Анализ кейса успешного лечения генетического заболевания с помощью генной терапии Составление сравнительной таблицы методов доставки 	<ul style="list-style-type: none"> Объяснять базовые принципы генной терапии Различать виды генной терапии и методы доставки генетического материала Приводить примеры заболеваний, поддающихся генной терапии Описывать механизмы

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		терапии для лечения наследственных заболеваний • Примеры успешного применения генной терапии в медицине	генетического материала • Мини-викторина «Генная терапия: мифы и реальность»	действия основных технологий редактирования генома • Оценивать перспективы применения генной терапии в медицине
3	Разработка стратегии генной терапии	• Этапы разработки подхода к генной терапии • Выбор целевого гена и метода терапии • Принципы дизайна генетических конструкций • Методы оценки эффективности и безопасности генной терапии • Этические аспекты применения генной терапии • Современные достижения и клинические испытания	• Практическая работа: разработка простой стратегии генной терапии для модельного наследственного заболевания • Презентация и обсуждение предложенных стратегий • Оценка стратегий по критериям эффективности, безопасности и этичности • Работа с интерактивной симуляцией процесса генной терапии	• Описывать этапы разработки стратегии генной терапии • Выбирать подходящие методы для терапии конкретных генетических нарушений • Оценивать потенциальные риски и преимущества различных подходов • Применять этические принципы при разработке стратегий генной терапии • Анализировать результаты современных клинических испытаний
4	Сельскохозяйственная биотехнология: растениеводство	• Методы улучшения сельскохозяйственных культур • Генетически модифицированные растения: технологии создания и свойства • Повышение устойчивости к вредителям, болезням и неблагоприятным условиям	• Деловая игра: «Защита проекта по созданию ГМ-культур» с обоснованием выбора модификации и оценкой рисков • Составление интеллект-карты «Преимущества и риски ГМО в сельском	• Описывать основные методы создания генетически модифицированных растений • Объяснять цели и результаты генетической модификации сельскохозяйственных культур • Анализировать

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<ul style="list-style-type: none"> • Улучшение питательных свойств и срока хранения продукции • Биобезопасность и регулирование ГМО в разных странах • Перспективные направления развития биотехнологии растений 	<p>хозяйстве»</p> <ul style="list-style-type: none"> • Анализ состава продуктов питания на наличие компонентов из ГМО • Дискуссия «ГМО: за и против» 	<p>информацию о безопасности ГМО</p> <ul style="list-style-type: none"> • Формировать обоснованное мнение о применении биотехнологий в сельском хозяйстве • Распознавать маркировку продуктов, содержащих ГМО
5	Сельскохозяйственная биотехнология: животноводство и пищевая промышленность	<ul style="list-style-type: none"> • Биотехнологии в животноводстве: селекция, клонирование, генетическая модификация • Трансгенные животные: цели создания и применение • Производство кормовых добавок и ветеринарных препаратов • Биотехнологии в пищевой промышленности (ферментация, ингредиенты, консерванты) • Функциональные продукты питания и нутрицевтики • Биотехнологические методы контроля качества продуктов 	<ul style="list-style-type: none"> • Практическая работа: создание диаграммы «От фермы до стола» с указанием биотехнологических процессов • Лабораторное исследование: определение содержания белка в различных продуктах • Групповой проект: разработка концепции функционального продукта питания • Дегустация и сравнение продуктов, полученных с применением биотехнологий 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать применение биотехнологий в животноводстве • Объяснять назначение и методы создания трансгенных животных • Приводить примеры использования биотехнологий в пищевой промышленности • Различать традиционные и современные методы производства продуктов питания • Оценивать пользу функциональных продуктов для здоровья
6	Медицинская биотехнология	<ul style="list-style-type: none"> • Производство лекарственных препаратов с помощью биотехнологий • Рекомбинантные белки, вакцины, моноклональные антитела • Технологии создания и 	<ul style="list-style-type: none"> • Кейс-анализ: «Создание и внедрение современного биотехнологического препарата» • Ролевая игра: «Консилиум по разработке персонализированного лечения» 	<ul style="list-style-type: none"> • Объяснять принципы получения биотехнологических лекарственных препаратов • Различать типы биотехнологических лекарств и их применение • Описывать

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<p>применение биосимиляров</p> <ul style="list-style-type: none"> • Персонализированная медицина: фармакогеномика • Клеточные технологии: стволовые клетки и их применение • Тканевая инженерия и регенеративная медицина 	<ul style="list-style-type: none"> • Исследовательская работа: анализ инструкций к биотехнологическим лекарствам • Создание информационного плаката о технологии производства рекомбинантного инсулина 	<p>основы персонализированной медицины</p> <ul style="list-style-type: none"> • Объяснять перспективы применения стволовых клеток и тканевой инженерии • Анализировать информацию о современных биомедицинских технологиях
7	Промышленная и экологическая биотехнология	<ul style="list-style-type: none"> • Промышленные биотехнологические процессы (ферментация, биокатализ) • Производство биотоплива и биоразлагаемых материалов • Применение микроорганизмов в промышленности • Биоремедиация: очистка почв и водоемов с помощью биотехнологий • Биоиндикация и биосенсоры для мониторинга окружающей среды • Перспективы «зеленой» биотехнологии 	<ul style="list-style-type: none"> • Лабораторный практикум: исследование ферментативной активности микроорганизмов • Групповой проект: разработка схемы биоочистки загрязненной территории • Создание и презентация модели биореактора из подручных материалов • Экспериментальное сравнение биоразлагаемых и обычных пластиков 	<ul style="list-style-type: none"> • Описывать промышленные биотехнологические процессы • Объяснять принципы производства биотоплива и биоразлагаемых материалов • Приводить примеры применения биотехнологий для решения экологических проблем • Оценивать экологические преимущества биотехнологических процессов • Предлагать биотехнологические решения для локальных экологических проблем
8	Биотехнологии будущего и практический кейс-анализ	<ul style="list-style-type: none"> • Обзор перспективных направлений биотехнологии • Синтетическая биология: создание искусственных организмов 	<ul style="list-style-type: none"> • Комплексный практикум: анализ и решение кейса по применению биотехнологий в реальной жизни • Мозговой штурм: «Биотехнологии 	<ul style="list-style-type: none"> • Анализировать комплексные биотехнологические задачи • Предлагать биотехнологические решения для реальных проблем

№	Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		<ul style="list-style-type: none"> • Бионика и биомиметика: применение биологических принципов в технике • Биоинформатика и системная биология • Кейс-анализ: комплексное решение реальной проблемы с помощью биотехнологий • Подведение итогов модуля 	<ul style="list-style-type: none"> будущего» • Презентация групповых проектов решения кейса • Итоговое тестирование по материалам модуля • Рефлексия: составление карты личных интересов в области биотехнологии 	<ul style="list-style-type: none"> • Оценивать перспективы развития различных направлений биотехнологии • Интегрировать знания из разных областей биотехнологии • Формулировать собственную позицию относительно развития биотехнологий

Методические рекомендации по реализации модуля

1. Визуализация сложных процессов:
 - Использование простых схем, анимаций и видеоматериалов
 - Применение моделей и аналогий из повседневной жизни
 - Создание физических моделей биотехнологических процессов
2. Организация практических работ:
 - Разделение сложных заданий на простые пошаговые инструкции
 - Предоставление наглядных примеров выполнения заданий
 - Работа в парах или малых группах для взаимной поддержки
 - Предварительная демонстрация всех действий преподавателем
3. Проектная деятельность:
 - Разработка мини-проектов на каждом занятии
 - Сквозной групповой проект на протяжении всего модуля
 - Презентация результатов с обратной связью от других участников
4. Развитие критического мышления:
 - Анализ новостей и публикаций о биотехнологиях
 - Оценка рисков и преимуществ различных биотехнологических решений
 - Формирование навыков критической оценки информации о биотехнологиях
5. Ориентация на будущую профессиональную деятельность:
 - Знакомство с профессиями в сфере биотехнологий
 - Приглашение специалистов или проведение онлайн-встреч с представителями индустрии
 - Обсуждение карьерных траекторий и образовательных возможностей

План организации и проведения модуля «Конференция кружков НТО» (4 академических часа)

Цель конференции

Создание площадки для представления результатов исследовательских проектов участников кружков НТО, обмена опытом, демонстрации полученных знаний и навыков, формирования сообщества единомышленников в области геномного редактирования и биотехнологий.

Формат проведения

Онлайн-конференция с подключением около 30 кружков из разных муниципалитетов регион

Критерии оценки проектов

1. Научная новизна и оригинальность идеи (0-10 баллов)
2. Практическая значимость результатов (0-10 баллов)
3. Методологическая корректность (0-10 баллов)
4. Качество представления материала (0-10 баллов)
5. Ответы на вопросы (0-10 баллов)

Рекомендации по подготовке докладов для участников

Структура презентации

- Титульный слайд (название проекта, авторы, кружок)
- Актуальность и цель исследования
- Задачи и методы
- Результаты (с визуализацией)
- Выводы и перспективы

План мероприятия

	Активность	Описание	Необходимые ресурсы
Сессия 1. Открытие и пленарные выступления (1,5 часа)			
00:00-00:15	Открытие конференции	Приветственное слово организаторов, представление экспертов, объяснение формата работы конференции	Презентация с программой конференции, онлайн-платформа с функциями чата и демонстрации экрана
	Пленарный доклад приглашенного эксперта	Выступление специалиста в области геномного редактирования или биотехнологий о современных	Презентация эксперта

	Активность	Описание	Необходимые ресурсы
		тенденциях и перспективах развития отрасли	
	Представление лучших проектов кружков	3-4 наиболее интересных и успешных проекта (по 7-8 минут каждый)	Презентации проектов
	Сессия вопросов и ответов	Участники могут задать вопросы эксперту и представителям лучших проектов	Модератор для координации вопросов
Сессия 2. Параллельные секции по направлениям (2 часа)			
	Секция «Геномное редактирование и молекулярная биология»	Представление проектов и результатов исследований в области геномного редактирования, ПЦР, секвенирования и др. (5-7 минут на выступление + 2-3 минуты на вопросы)	Отдельная виртуальная комната, модератор, таймер, система голосования для выбора лучшего доклада
	Секция «Биотехнологии и их применение»	Представление проектов и результатов исследований в области биотехнологий, их практического применения в промышленности, медицине, сельском хозяйстве и др. (5-7 минут на выступление + 2-3 минуты на вопросы)	Отдельная виртуальная комната, модератор, таймер, система голосования для выбора лучшего доклада
	Секция «Биоинформатика и компьютерное моделирование»	Представление проектов и результатов исследований в области биоинформатики, анализа данных, моделирования биологических процессов и др. (5-7 минут на выступление + 2-3 минуты на вопросы)	Отдельная виртуальная комната, модератор, таймер, система голосования для выбора лучшего доклада
Сессия 3. Закрытие (0,5 часа)			
	Представление результатов работы секций	Модераторы секций представляют краткие итоги работы своих секций и объявляют победителей в каждой секции	Общая виртуальная комната
	Анонс будущих мероприятий и объявление конкурсов	Информирование о предстоящих мероприятиях, конкурсах, олимпиадах и других возможностях для участников кружков	Презентация с календарем мероприятий
	Закрытие конференции	Подведение итогов, благодарность участникам, напутственные слова	-

Рекомендации по подготовке и проведению конференции

До конференции

1. Подготовка участников

- Разослать участникам подробные инструкции по подготовке презентаций (требования к формату, продолжительности, содержанию)
- Провести предварительный отбор докладов для секций на основе тезисов или кратких описаний проектов
- Предоставить шаблон презентации с единым стилем
- Рекомендовать провести репетицию выступления с засеканием времени

2. Техническая подготовка

- Выбрать стабильную платформу для проведения онлайн-конференции
- Протестировать платформу с несколькими участниками за несколько дней до конференции
- Подготовить резервный план на случай технических сбоев
- Обеспечить наличие технического специалиста для оперативного решения проблем

3. Организационная подготовка

- Составить детальный сценарий конференции с таймингом
- Пригласить экспертов для оценки проектов и пленарного выступления
- Подготовить формы для оценки проектов экспертами
- Разработать электронные сертификаты участников и дипломы победителей

Во время конференции

1. Обеспечение эффективного взаимодействия

- Использовать функцию «поднятия руки» для организации вопросов
- Назначить модератора для каждой секции, который будет следить за временем, организовывать очередь вопросов, поддерживать дискуссию
- Вести запись конференции для последующего анализа и распространения материалов

2. Поддержание вовлеченности

- Проводить короткие интерактивные опросы между выступлениями
- Организовать онлайн-голосование за лучший проект в каждой секции
- Обеспечить активное участие всех подключившихся кружков (как минимум в роли слушателей и задающих вопросы)

3. Решение технических проблем

- Создать отдельный чат или канал для технической поддержки
- Иметь запасной вариант подключения (резервную платформу или возможность проведения через мобильные устройства)

После конференции

1. Распространение материалов
 - Разослать участникам запись конференции
 - Собрать презентации выступающих и создать общий архив материалов
 - Подготовить и опубликовать сборник тезисов проектов
2. Обратная связь
 - Провести опрос участников о качестве организации и содержании конференции
 - Собрать предложения по улучшению формата для будущих мероприятий
3. Поддержание сообщества
 - Создать группу или чат для продолжения общения между участниками
 - Организовать регулярные онлайн-встречи кружков для обсуждения прогресса проектов