

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

СОГЛАСОВАНО

Директор РМЦ ДОД

 Е.С. Титаренко

« 30 » 20 20 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по развитию

 В.А. Вазуевская

« 30 » 20 20 г.



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

Направленность: естественно-научная

Уровень освоения программы: базовый

Возраст учащихся: 14-15 лет (8-9 классы), 1-ый 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 государственного 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.

Согласовано:

Директор Регионального модельного
центра дополнительного образования
детей Ханты-Мансийского автономного
округа – Югры



Е. С. Титаренко

1. Пояснительная записка

Введение

Мы живем в удивительное время, когда технологии геномного редактирования находятся на самом острие научного прогресса. Это не просто наука – это профессии будущего, и развитие биотехнологий является приоритетным направлением для обеспечения технологического суверенитета и национальной безопасности нашей страны. Программа «Геномное редактирование» не просто знакомит детей с этим передовым направлением, но и помогает им определить свою профессиональную траекторию в одной из самых перспективных сфер.

Программа погружает школьников в мир междисциплинарного мышления, объединяющее молекулярную биологию, генетику, химию, биоинформатику и инженерию. Программа практико-ориентирована. Около 60% времени каждого занятия отводится на выполнение практических заданий – это не сухая теория, а настоящая наука в действии!

Школьники будут работать в оборудованных лабораториях Сургутского государственного университета («Микроскопия», «Молекулярная биология»); на занятиях по биоинформатике – будут решать задачи и писать простые программы на Python для анализа биологических последовательностей. Также предусмотрена работа над мини-проектами и командными проектами, что способствует развитию не только научных, но и "мягких" навыков (soft skills) – проектного и критического мышления, умения работать в команде.

И самое захватывающее – для наиболее мотивированных школьников, прошедших конкурсный отбор, предусмотрены образовательные интенсивы непосредственно на базе Сургутского государственного университета, где они получат углубленный лабораторный практикум

1.1. Направленность: естественно-научная.

1.2. 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.

1.3. Цель программы:

Создание условий для освоения школьниками фундаментальных основ современных биотехнологий и определения своих интересов в этой перспективной области науки.

Задачи программы:

- формирование способности выполнять и анализировать лабораторный эксперимент по молекулярной биологии;
- подготовка к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование»;
- вовлечение в работу над технологическими приоритетами России.

1.4. 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.

1.5. Адресат программы

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

Программа разработана для обучающихся в возрасте 14-15 лет (8-9 классы), ориентированных на построение успешной карьеры в наукоемких отраслях в области биотехнологий и здравоохранения.

Участники кружка, успешно завершившие программу, могут продолжить обучение по программе углубленного уровня на следующий учебный год.

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

1.6. 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).

1.7. 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.

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.

1.8. Уровень освоения программы: базовый

1.9. Планируемые результаты

Предметные результаты обучения

Будут знать и уметь:

- 1) объяснять принципы Научно-технологической олимпиады в контексте личного образовательного и профессионального развития. *(Уровень: понимание);*
- 2) анализировать структуру и функции различных компонентов клетки (мембраны, органоиды, ядро) в контексте их роли в хранении, передаче генетической информации и возможностей для геномного редактирования *(Уровень: анализ);*
- 3) объяснять молекулярные основы биологических процессов и свойств биомолекул с использованием фундаментальных химических концепций *(Уровень: применение);*
- 4) анализировать структуру и функции основных биомолекул (белков, нуклеиновых кислот) в контексте передачи генетической информации и реализации центральной догмы молекулярной биологии *(Уровень: анализ);*
- 5) применять базовые конструкции языка Python (переменные, условия, циклы, функции, строки, списки, словари) для создания простых программ анализа биологических последовательностей *(Уровень: применение);*
- 6) моделировать механизмы наследования признаков и процессы передачи генетической информации при решении генетических задач и интерпретации результатов. *(Уровень: применение);*
- 7) выполнять базовые лабораторные процедуры молекулярной биологии (выделение ДНК, ПЦР, электрофорез) в процессе решения практических исследовательских задач. *(Уровень: применение);*
- 8) характеризовать влияние современных биотехнологических разработок на различные аспекты жизни человека и общественного развития. *(Уровень: понимание);*
- 9) описывать основные технологии геномного редактирования и их применение в современной биологии и медицине. *(Уровень: понимание).*

Метапредметные результаты

Познавательные

- 1) анализировать биологическую информацию из различных источников, выделяя основные молекулярно-генетические понятия и закономерности;
- 2) самостоятельно формулировать вопросы и гипотезы, касающиеся молекулярных механизмов хранения и передачи генетической информации;
- 3) систематизировать данные о строении и функциях биомолекул с использованием схем, таблиц и диаграмм;
- 4) преобразовывать текстовую информацию о структуре ДНК и процессах репликации в визуальные модели;
- 5) интерпретировать результаты простых экспериментов по выделению ДНК и проведению ПЦР.

Регулятивные

- 1) планировать последовательность действий при проведении лабораторных работ по молекулярной биологии;
- 2) контролировать правильность выполнения процедур при работе с лабораторным оборудованием;
- 3) оценивать достоверность полученных экспериментальных данных;
- 4) корректировать собственные действия при возникновении ошибок в ходе лабораторных работ;
- 5) соблюдать правила безопасности при проведении практических работ с химическими реактивами.

Коммуникативные

- 1) аргументированно представлять результаты лабораторных работ в форме устных выступлений;
- 2) использовать научную терминологию при обсуждении вопросов молекулярной биологии и генетики;
- 3) конструктивно работать в малых группах при выполнении практических заданий;
- 4) формулировать вопросы по теме исследования другим участникам кружка;
- 5) представлять биологическую информацию с использованием компьютерных презентаций.

Работа с информацией

- 1) выбирать достоверные источники информации о достижениях современной молекулярной биологии;
- 2) интерпретировать информацию, представленную в виде графиков, диаграмм и схем молекулярно-биологических процессов;
- 3) разрабатывать простые программы на Python для анализа нуклеотидных последовательностей;
- 4) критически оценивать информацию о биотехнологиях, представленную в СМИ.

Личностные результаты

- 1) **Ценностное отношение к научному познанию**
 - проявлять любознательность и инициативу при проведении лабораторных экспериментов;
 - формулировать собственное отношение к достижениям в области геномного редактирования.
- 2) **Научная этика и ответственность**
 - объяснять необходимость этических норм при проведении биологических исследований;
 - проявлять ответственное отношение к работе с лабораторным оборудованием и реактивами.
- 3) **Коммуникативная культура**
 - уважительно относиться к мнению других участников при обсуждении научных вопросов;

- конструктивно воспринимать критику при представлении результатов лабораторных работ;
- проявлять готовность к сотрудничеству в малых группах при решении практических задач.

4) **Исследовательская позиция**

- проявлять внимательность и аккуратность при проведении экспериментов;
- задавать вопросы, направленные на углубление понимания молекулярно-биологических процессов.

5) **Самоопределение**

- описывать свои интересы в области биологии и смежных дисциплин;
- оценивать собственные сильные и слабые стороны в контексте работы с биологическим материалом;
- проявлять интерес к профессиям, связанным с биотехнологиями и генетикой.

1.10. **Формы контроля и подведения итогов реализации программы**

Текущий контроль

- 1) практические работы «Решение задач по молекулярной биологии и генетике»;
- 2) лабораторный журнал. Участники кружка ведут лабораторный журнал, документируя выполненные эксперименты, полученные результаты и их интерпретацию. Журнал проверяется педагогом ежемесячно с предоставлением обратной связи;
- 3) биоинформатические практикумы. Выполнение заданий по анализу последовательностей ДНК. Работа с базами данных биологических последовательностей;
- 4) тематические тесты проводятся после завершения каждого модуля, включают как теоретические вопросы, так и практические задачи на понимание ключевых концепций;
- 5) интерактивные опросы проводятся в начале занятий для проверки усвоения предыдущего материала с использованием онлайн-платформы и интерактивных инструментов для мгновенной обратной связи.

Промежуточный контроль

- 1) мини-проекты. Групповая работа (3-4 человека) над решением задач. Проектирование и реализация простых экспериментов по молекулярной биологии. Презентация результатов перед группой с последующим обсуждением;
- 2) решение кейсов из практики геномного редактирования. Анализ реальных примеров применения молекулярно-биологических методов. Групповое обсуждение оптимальных подходов к решению;

3) подготовка и представление информационных материалов. Создание постеров о биотехнологиях в повседневной жизни. Подготовка инфографики по основным методам молекулярной биологии.

Итоговый контроль

1) командный проект. Выполнение комплексного проекта, объединяющего знания из разных модулей. Работа в малых группах (2-3 человека) и публичная защита проекта с использованием презентации;

2) итоговое тестирование. Комплексный тест, охватывающий все модули первого года обучения. Включает теоретические вопросы и практические задания. Моделирует формат заданий профиля «Геномное редактирование» НТО;

3) результативность участия на этапах первого, второго, третьего туров олимпиады НТО профиль «Геномное редактирование».

2. Организационно-педагогические условия реализации программы

2.1. Учебный план на 2025-2026 уч. г.

№ п/п	Название модуля ¹	Количество часов ²			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
	Раздел 1 «Молекулярные основы наследственности: от строения клетки к генам»			72	
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой. Решение олимпиадных заданий	2	6	8	Регистрация на сайте НТО https://ntcontest.ru/
2	Модуль «Клетка»	6	8	14	Тестирование, выполнение лабораторных и практических работ
3	Модуль «Основы химии для биологов»	10	12	22	Решение задач, выполнение лабораторных работ, тестирование
4	Модуль «Введение в молекулярную биологию»	6	6	12	Выполнение лабораторных и практических работ

¹ Подробно содержание с разбивкой по занятиям, оценочные мероприятия и результаты обучения представлены в приложении 1

² Все занятия имеют комбинированный характер, включающий как теоретическую, так и практическую части. Практикоориентированность программы предполагает, что около 60% времени каждого занятия отводится на выполнение практических заданий (лабораторные работы, решение задач, написание программ, выполнение проектов). Рекомендуемая структура занятия: 15% - вводная часть (повторение предыдущего материала), 25-30% - теоретическая часть (новый материал), 45-50% - практическая часть, 10-15% - обсуждение результатов и рефлексия.

№ п/п	Название модуля ¹	Количество часов ²			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
5.	Модуль «Программирование на Python»	6	10	16	Решение биоинформатических задач
	Раздел 2 «Экспериментальная молекулярная биология: методы ДНК-анализа и введение в геномное редактирование»			72	
6	Олимпиада НТО профиль «Геномное редактирование»		8	8	Решение заданий НТО
7	Модуль «Основы генетики»	8	8	16	Решение генетических задач, тестирование, групповые проекты
8	Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии»	6	12	18	Выполнение лабораторных и практических работ
9	Модуль «Введение в геномное редактирование»	6	8	14	Анализ кейсов, решение задач, презентация мини-проектов
10	Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни»	4	8	12	Групповые проекты, создание информационных материалов, дискуссии
11	Конференция кружков		4	4	Презентация проектов

2.2. Календарный учебный график на 2025-2026 уч. г.

Год обучения	Дата начала обучения по программе	Дата окончания работы по программе	Всего учебных недель	Количество учебных часов	Режим занятий*
2025-2026	02/09/2025	28/05/2026	36	174	очно, заочно

3. Условия реализации программы

3.1. Материально-техническое обеспечение:

- Лекционная аудитория с проектором.
- Аудитория для практических занятий на (15-25 чел.) с проектором, возможностью выхода в интернет.
- Учебно-научные лаборатории Сургутского государственного университета по адресу: г. Сургут, ул. Энергетиков 22.

3.2. Структура программы и необходимое оборудование

№	Модуль	Часы	Краткое содержание	Оборудование по инфраструктурному листу
1	Знакомство с НТО	8	Профиль «Геномное редактирование», научный метод, регистрация на НТО, разбор заданий прошлых	Компьютеры, проектор

№	Модуль	Часы	Краткое содержание	Оборудование по инфраструктурному листу
			лет. Решение заданий 1-го отборочного тура	
2	Клетка	14	Клетка как единица жизни, строение клетки, органеллы,	Лаборатория «Микроскопия», набор микропрепаратов
3	Основы химии для биологов	22	Атомы и молекулы, химические элементы, связи, вода и ее роль, растворы, pH	Лаборатория «Физиология растений», лабораторная посуда
4	Введение в молекулярную биологию	12	ДНК и РНК, центральная догма молекулярной биологии	Лаборатория «Микроскопия», набор микропрепаратов
4	Программирование на Python для биоинформатики (начальный уровень)	16	Введение в Python, типы данных, работа со строками, структуры данных, функции, файлы, визуализация	Компьютеры, ПО Python
5	Олимпиада НТО профиль «Геномное редактирование»	8	Знакомство с заданиями НТО второго, третьего туров разбор заданий прошлых лет. Решение заданий	Компьютеры, проектор
6	Основы генетики	16	Гены и хромосомы, деление клеток, законы Менделя, мутации, генотип и фенотип	Лаборатория «Микроскопия»
7	Методы исследования в молекулярной биологии	18	ПЦР, электрофорез, выделение ДНК, методы визуализации	Лаборатория «Молекулярная биология»
8	Введение в геномное редактирование	14	История редактирования генома, CRISPR/Cas9, применения и этические аспекты	Компьютеры, проектор
9	Биотехнологии в повседневной жизни	12	Биотехнология в пищевой промышленности, медицине, ГМО	Набор «Определение ГМО в продуктах питания»
10	Конференция кружков НТО	4	Представление проектов и результатов исследований	Проектор, компьютеры
10	Образовательный интенсив в СурГУ (вариативный модуль)	30	Введение в биоинформатику, лабораторный практикум	Лаборатории университета
	ИТОГО	174		

Инфраструктурный лист базового кружка: оборудование и расходные материалы

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
Лаборатория «Микроскопия»			

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
1	Микроскоп прямой для лабораторных исследований биологический	5	Микроскоп
			Объективы: 4х, 10х и 40х
			Окуляр WF10х
			Линза Барлоу 2х
			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 40х - 1000х
			Визуальная насадка
			Бинокулярная с вертикальным фото/видео тубусом для установки цифровой камеры с фиксированным светоделиением 50/50 (тринокуляр)
			Осветительная система Современный светодиодный осветитель с функцией регулировки уровня яркости
			Методы исследования Светлое поле,
			Объективы-ахроматы 4х, 10х, 40х, 100х МИ
			Окуляры широкопольные 10х
3	Стекла покровные	5	21х24 мм
4	Стекла предметные	5	26х76х2 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
7	Пинцет	5	
8	Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепаратов «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	1	1) Образец для приготовления микропрепаратов одноклеточных грибов – не менее 5 упаковок;
			2) Образец для приготовления микропрепаратов членистоногих – не менее 2 упаковки;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
	изготовления микропрепаратов «Микроскопические организмы»		3) Вспомогательный компонент для создания микропрепаратов – 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 микропрепаратов «Органы растений»	2	1) Образец для создания микропрепаратов оболочки клетки коры дерева – не менее 1 шт; 2) Вспомогательный компонент для создания микропрепаратов – 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; 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 микропрепаратов "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	3	1) Комплект элюентов и пластин для проведения тонкослойной хроматографии – не менее 5 комплектов; 2) Анализируемый раствор – не менее 5 флаконов;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
	"Активность ферментов"		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 реактивов 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	
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, желтый, 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, °С — 10-99;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
			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; 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 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 × 60 × 180
3	Камера для электрофореза	1	Размеры геля, мм 120 × 170 Количество образцов до 120 Объем буфера, мл 500 Габариты, мм 334 × 196 × 100
4	Транслюминатор	1	Длина волны проходящего света, нм 470 Размер экрана, мм 200 × 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

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
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.
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;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
			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 проведения ПЦР «Определение гена метаболизма кофеина»	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
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;

№ п/п	Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
			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;
			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 организации-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 привлечению 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.

2. Наглядные пособия:

– Модели ДНК, РНК, белков и других биомолекул.

– Плакаты и схемы основных биологических процессов (репликация, транскрипция, трансляция).

– Модели хромосом для демонстрации генетических законов.

3. Электронные ресурсы:

– Презентации к каждому занятию.

– Видеоматериалы, демонстрирующие биологические процессы и методики.

– Онлайн-тесты для самопроверки.

4. Оценочные материалы

- Тестовые задания разного уровня сложности.
- Практические задания и кейсы.
- Критерии оценки лабораторных работ.
- Материалы для промежуточной и итоговой аттестации.

5. 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		
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=16d9rebws9167381293> (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-tsepnaia-reaktsiia> (дата обращения: 02.07.2025).
3. 12 методов в картинках: секвенирование нуклеиновых кислот / А. Недолужко, 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 Шевалёва 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).

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

СОГЛАСОВАНО
Директор РМЦ ДОД

«___» _____ 20__ г.
Е.С. Титаренко

**Рабочая программа
«Геномное редактирование»**

Возраст учащихся: 14-15 лет (8-9 классы),
Срок реализации: 1 год
Объем: 144 академических часа

г. Сургут, 2025 год

Авторы программы:

Безуевская Валерия Александровна, кандидат педагогических наук, доцент, проректор Сургутского государственного 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.

Согласовано:

Директор Регионального модельного
центра дополнительного образования
детей Ханты-Мансийского автономного
округа – Югры



Е. С. Титаренко

Пояснительная записка

1. Цели и планируемые результаты программы

Цель – создание условий для освоения школьниками фундаментальных основ современных биотехнологий и определения своих интересов в этой перспективной области науки.

Задачи программы:

- формирование способности выполнять и анализировать лабораторный эксперимент по молекулярной биологии;
- подготовка к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование»;
- вовлечение в работу над технологическими приоритетами России.

Планируемые результаты

Предметные результаты обучения

Будут знать и уметь:

10) Объяснять принципы Научно-технологической олимпиады в контексте личного образовательного и профессионального развития. *(Уровень: понимание).*

11) Анализировать структуру и функции различных компонентов клетки (мембраны, органоиды, ядро) в контексте их роли в хранении, передаче генетической информации и возможностей для геномного редактирования *(Уровень: анализ).*

12) Объяснять молекулярные основы биологических процессов и свойств биомолекул с использованием фундаментальных химических концепций *(Уровень: применение).*

13) Анализировать структуру и функции основных биомолекул (белков, нуклеиновых кислот) в контексте передачи генетической информации и реализации центральной догмы молекулярной биологии *(Уровень: анализ).*

14) Применять базовые конструкции языка Python (переменные, условия, циклы, функции, строки, списки, словари) для создания простых программ анализа биологических последовательностей *(Уровень: применение).*

15) Моделировать механизмы наследования признаков и процессы передачи генетической информации при решении генетических задач и интерпретации результатов. *(Уровень: применение).*

16) Выполнять базовые лабораторные процедуры молекулярной биологии (выделение ДНК, ПЦР, электрофорез) в процессе решения практических исследовательских задач. *(Уровень: применение).*

17) Характеризовать влияние современных биотехнологических разработок на различные аспекты жизни человека и общественного развития. *(Уровень: понимание).*

18) Описывать основные технологии геномного редактирования и их применение в современной биологии и медицине. *(Уровень: понимание).*

Метапредметные результаты

Познавательные

5) Анализировать биологическую информацию из различных источников, выделяя основные молекулярно-генетические понятия и закономерности.

6) Самостоятельно формулировать вопросы и гипотезы, касающиеся молекулярных механизмов хранения и передачи генетической информации.

7) Систематизировать данные о строении и функциях биомолекул с использованием схем, таблиц и диаграмм.

8) Преобразовывать текстовую информацию о структуре ДНК и процессах репликации в визуальные модели.

9) Интерпретировать результаты простых экспериментов по выделению ДНК и проведению ПЦР.

Регулятивные

10) Планировать последовательность действий при проведении лабораторных работ по молекулярной биологии

11) Контролировать правильность выполнения процедур при работе с лабораторным оборудованием

12) Оценивать достоверность полученных экспериментальных данных

13) Корректировать собственные действия при возникновении ошибок в ходе лабораторных работ

14) Соблюдать правила безопасности при проведении практических работ с химическими реактивами

Коммуникативные

15) Аргументированно представлять результаты лабораторных работ в форме устных выступлений

16) Использовать научную терминологию при обсуждении вопросов молекулярной биологии и генетики

17) Конструктивно работать в малых группах при выполнении практических заданий

18) Формулировать вопросы по теме исследования другим участникам кружка

19) Представлять биологическую информацию с использованием компьютерных презентаций

Работа с информацией

20) Выбирать достоверные источники информации о достижениях современной молекулярной биологии

21) Интерпретировать информацию, представленную в виде графиков, диаграмм и схем молекулярно-биологических процессов

22) Разрабатывать простые программы на Python для анализа нуклеотидных последовательностей

23) Критически оценивать информацию о биотехнологиях, представленную в СМИ

Личностные результаты

Ценностное отношение к научному познанию

- Проявлять любознательность и инициативу при проведении лабораторных экспериментов.

- Формулировать собственное отношение к достижениям в области геномного редактирования.

6) **Научная этика и ответственность**

- Объяснять необходимость этических норм при проведении биологических исследований.

- Проявлять ответственное отношение к работе с лабораторным оборудованием и реактивами.

7) **Коммуникативная культура**

- Уважительно относиться к мнению других участников при обсуждении научных вопросов.

- Конструктивно воспринимать критику при представлении результатов лабораторных работ.

- Проявлять готовность к сотрудничеству в малых группах при решении практических задач.

8) **Исследовательская позиция**

- Проявлять внимательность и аккуратность при проведении экспериментов.

- Задавать вопросы, направленные на углубление понимания молекулярно-биологических процессов.

9) **Самоопределение**

- Описывать свои интересы в области биологии и смежных дисциплин.

- Оценивать собственные сильные и слабые стороны в контексте работы с биологическим материалом.

- Проявлять интерес к профессиям, связанным с биотехнологиями и генетикой.

2. Учебный план на 2025-2026 уч. г.

№ п/п	Название модуля ³	Количество часов ⁴			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
	Раздел 1 «Молекулярные основы наследственности: от строения клетки к генам»			72	
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической	2	6	8	Регистрация на сайте НТО https://ntcontest.ru/

³ Подробно содержание с разбивкой по занятиям, оценочные мероприятия и результаты обучения представлены в приложении 1

⁴ Все занятия имеют комбинированный характер, включающий как теоретическую, так и практическую части. Практикоориентированность программы предполагает, что около 60% времени каждого занятия отводится на выполнение практических заданий (лабораторные работы, решение задач, написание программ, выполнение проектов). Рекомендуемая структура занятия: 15% - вводная часть (повторение предыдущего материала), 25-30% - теоретическая часть (новый материал), 45-50% - практическая часть, 10-15% - обсуждение результатов и рефлексия.

№ п/п	Название модуля ³	Количество часов ⁴			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
	олимпиадой. Решение олимпиадных заданий				
2	Модуль «Клетка»	6	8	14	Тестирование, выполнение лабораторных и практических работ
3	Модуль «Основы химии для биологов»	10	12	22	Решение задач, выполнение лабораторных работ, тестирование
4	Модуль «Введение в молекулярную биологию»	6	6	12	выполнение лабораторных и практических работ
5	Модуль "Программирование на Python"	6	10	16	решение биоинформатических задач
	Раздел 2 «Экспериментальная молекулярная биология: методы ДНК-анализа и введение в геномное редактирование»			72	
6	Олимпиада НТО профиль «Геномное редактирование»		8	8	Решение заданий НТО
7	Модуль «Основы генетики»	8	8	16	Решение генетических задач, тестирование, групповые проекты
8	Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии»	6	12	18	выполнение лабораторных и практических работ
9	Модуль «Введение в геномное редактирование»	6	8	14	Анализ кейсов, решение задач, презентация мини-проектов
10	Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни»	4	8	12	Групповые проекты, создание информационных материалов, дискуссии
11	Конференция кружков		4	4	Презентация проектов

3. Календарный учебный график на 2025-2026 уч. г.

Год обучения	Дата начала обучения по программе	Дата окончания работы по программе	Всего учебных недель	Количество учебных часов	Режим занятий*
2025-2026	02/09/2025	28/05/2026	36	174	очно, заочно

4. Календарно-тематическое планирование на 2025-2026 уч. г.

№	Модуль	Часы	Период реализации 2025-2026 уч. г.
	1 полугодие		
1	Знакомство с НТО	8	2.09.25 – 14.09.25

2	Клетка	14	15.09.25 – 06.10.25
3	Основы химии для биологов	22	07.10.25 – 11.11.25
4	Введение в молекулярную биологию	12	12.11.26 – 30.11.25
	Программирование на Python для биоинформатики (начальный уровень)	16	1.12.25 – 28.12.25
	2 полугодие		
5	Олимпиада НТО профиль «Геномное редактирование»	8	12.01.26 – 24.01.26
6	Основы генетики	16	25.01.26 – 20.02.26
7	Методы исследования в молекулярной биологии	18	21.02.26 – 25.03.26
8	Введение в геномное редактирование	14	26.03.26 – 16.04.26
9	Биотехнологии в повседневной жизни	12	17.04.26 – 10.05.26
10	Конференция кружков НТО	4	11.05.26 – 25.05.26
	ИТОГО	144	

5. Содержание обучения, формы контроля и подведения итогов реализации программы (Методические карты модулей и рекомендации по проведению занятий)

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 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 обращайтесь 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 «Знакомство с НТО» (8 часов)

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Профиль Геномное редактирование. Урок НТО по геномному редактированию	• Введение в Национальную технологическую олимпиаду (НТО) • Структура и этапы проведения НТО • Особенности профиля «Геномное редактирование» • Ключевые технологии и научные концепции, представленные в профиле • Обзор тематических направлений заданий олимпиады • Необходимые знания и навыки для успешного участия • Демонстрация видеурока НТО по геномному редактированию	• Входной опрос: «Что я знаю о геномном редактировании?» • Групповое обсуждение содержания видеурока • Составление ментальной карты «Ключевые технологии и понятия геномного редактирования» • Мини-викторина по основным понятиям • Рефлексия: «Что нового я узнал сегодня?»	• Объяснять структуру и основные этапы НТО • Описывать особенности профиля «Геномное редактирование» • Называть ключевые технологии и научные концепции, используемые в профиле • Выявлять связи между изучаемыми в школе предметами и содержанием профиля • Демонстрировать понимание базовых терминов геномного редактирования

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
2. Научный метод. Эксперимент и обработка данных	• Понятие научного метода и его этапы • Постановка научного вопроса и формулирование гипотезы • Планирование и проведение эксперимента • Сбор и систематизация данных • Методы обработки экспериментальных данных • Визуализация данных (графики, диаграммы, таблицы) • Интерпретация результатов и формулирование выводов • Примеры применения научного метода в геномном редактировании	• Практическая работа: "Формулирование научного вопроса и гипотезы" • Групповое задание: «Планирование простого эксперимента» • Работа с готовыми наборами данных: построение графиков и диаграмм • Анализ примеров интерпретации экспериментальных данных • Обсуждение возможных источников ошибок в эксперименте • Самооценка: «Насколько я понимаю научный метод?»	• Описывать этапы научного метода • Формулировать корректные научные вопросы и гипотезы • Планировать простой эксперимент для проверки гипотезы • Обрабатывать и визуализировать экспериментальные данные • Интерпретировать результаты и делать обоснованные выводы • Выявлять возможные источники ошибок в эксперименте
3-4. Регистрация на НТО. Разбор заданий прошлых лет. Повтор теории по ботанике и зоологии	• Инструкция по регистрации на платформе НТО • Обзор структуры заданий первого этапа • Разбор типовых заданий прошлых лет по профилю • Повторение ключевых разделов ботаники (строение растительной клетки, ткани, органы растений) • Повторение ключевых разделов зоологии (основные таксономические группы, строение и физиология животных)	• Практическая работа: регистрация на платформе НТО (при наличии технической возможности) • Индивидуальное решение заданий прошлых лет с последующим обсуждением • Работа в парах: взаимная проверка знаний по ботанике и зоологии • Мини-тест по основным биологическим понятиям • Составление плана подготовки к первому этапу НТО	• Успешно регистрироваться на платформе НТО • Определять типы заданий и подходы к их решению • Применять знания по ботанике и зоологии при выполнении заданий • Выявлять собственные пробелы в знаниях для дальнейшей самостоятельной подготовки • Планировать личную подготовку к первому этапу НТО • Демонстрировать базовые знания по ботанике и зоологии

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Связь школьных предметов с заданиями НТО • Стратегии успешного выполнения заданий	• Рефлексия: «Мои сильные и слабые стороны в подготовке к олимпиаде»	

Рекомендации по проведению занятий модуля

1. Организация работы с видеоуроком НТО

- просмотр видеоурока с паузами для обсуждения сложных моментов;
- использование техники «подумай-обсуди-поделись» для активизации мышления;
- конспектирование ключевых идей в ходе просмотра;
- предоставление дополнительных материалов для самостоятельного изучения.

2. Методика проведения практических работ

- разделение участников на малые группы (3-4 человека);
- предоставление четких инструкций и критериев оценивания;
- обязательное обсуждение результатов и рефлексия;
- связь практических заданий с реальными задачами из олимпиады.

3. Работа с заданиями прошлых лет

- анализ типовых ошибок участников;
- обсуждение стратегий решения сложных заданий;
- объяснение системы оценивания;
- предоставление дополнительных заданий для самостоятельной работы.

4. Повторение биологических концепций

- использование визуальных средств (схемы, таблицы, изображения);
- акцент на связь теоретических знаний с практическими заданиями;
- использование мнемонических приемов для запоминания сложной информации;
- проведение мини-опросов для закрепления материала.

5. Мотивационные аспекты

- объяснение практической значимости геномного редактирования;
- рассказ об успехах предыдущих участников олимпиады;
- объяснение перспектив, которые открывает победа в НТО;
- создание позитивной и поддерживающей атмосферы.

6. Дополнительные материалы:

- создание списка рекомендованных источников для самостоятельного изучения;
- использование онлайн-ресурсов и симуляторов для закрепления материала.

Методическая карта Модуля «Клетка» на 7 занятий

Ключевой результат обучения – анализировать структуру и функции различных компонентов клетки (мембраны, органоиды, ядро) в контексте их роли в хранении, передаче генетической информации и возможностей для геномного редактирования.

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Клетка как структурная и функциональная единица живого	• История открытия клетки и развития клеточной теории • Методы изучения клеток: световая микроскопия, электронная микроскопия • Общий план строения клетки • Разнообразие клеток: прокариоты и эукариоты • Принципы клеточной организации растений в условиях традиционного и гидропонного выращивания	• Тестирование «Основные положения клеточной теории» • Заполнение таблицы «Сравнение методов изучения клетки» • Работа с интерактивной моделью клетки (онлайн-ресурс или приложение) • Анализ фотографий клеток различных организмов с подписями структур	• Характеризовать основные положения клеточной теории • Различать типы клеточной организации (прокариотическая и эукариотическая) • Объяснять связь между клеточным строением и особенностями выращивания растений • Описывать различия в строении клеток разных групп организмов
2. Микроскопия и визуализация клеток	• Устройство светового микроскопа • Правила работы с микроскопом • Приготовление микропрепаратов • Основные методы микроскопии • Единицы измерения в микроскопии	• Практическая работа: знакомство с устройством микроскопа • Упражнения по настройке освещения и фокусировке • Составление инструкции по работе с микроскопом • Изучение готовых микропрепаратов в из набора	• Описывать устройство светового микроскопа • Настраивать микроскоп для работы • Соблюдать правила техники безопасности при работе с микроскопом • Рассчитывать увеличение микроскопа • Изготавливать простые временные микропрепараты • Документировать результаты

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
			микроскопических наблюдений
3. Основы микроскопической техники и ведение лабораторного журнала	• Принципы ведения лабораторного журнала • Оформление результатов микроскопирования • Интересные растительные объекты для микроскопирования: кожица лука, клетки томата, эпидермис листа элодеи, волоски тыквы, хромопласты моркови, пыльца цветов, устьица герани • Техника фотографирования и зарисовки микропрепаратов	• Практическая работа "Изготовление временных микропрепаратов в различных растительных тканей" • Оформление результатов наблюдений в лабораторном журнале с зарисовками, указанием увеличения, даты, условий наблюдения • Составление сравнительной таблицы "Ткани растений под микроскопом" • Создание фотоатласа микропрепаратов в (с использованием смартфонов или микроскопа с камерой)	• Применять правила работы с микроскопом на практике • Изготавливать временные микропрепараты растительных тканей с использованием различных красителей • Вести лабораторный журнал в соответствии с научными стандартами • Документировать результаты микроскопических исследований в виде рисунков, фотографий и описаний
4. Органоиды эукариотической клетки	• Мембранные органоиды: эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии, пластиды • Немембранные органоиды: рибосомы, клеточный центр, цитоскелет • Ядро: строение и функции • Особое внимание к структурам, связанным с геномом: ядро,	• Составление сравнительной таблицы органоидов и их функций • Зарисовка ультраструктуры клетки с обозначением органоидов • Работа с электронными микрофотографиями клеточных структур • Составление ментальной	• Идентифицировать основные органоиды эукариотической клетки на схемах и микрофотографиях • Объяснять функции каждого органоида • Описывать особенности строения мембранных и немембранных органоидов • Связывать структуру органоидов с их функциями

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	митохондрии, хлоропласты	карты «Органоиды и их функции»	
5. Клеточное ядро и организация генетического материала	• Строение ядра: ядерная оболочка, ядерные поры, хроматин, ядрышко • Организация хроматина: эухроматин и гетерохроматин • Хромосомы: строение и классификация • Кариотип человека • Функции ядра как информационного центра клетки	• Анализ микрофотографий и клеточного ядра • Моделирование уровней упаковки ДНК в хромосоме • Составление схемы «Путь от ДНК к хромосоме» • Решение задач на определение количества ДНК в разных фазах клеточного цикла	• Описывать структуру ядра и его компонентов • Объяснять различия между эухроматином и гетерохроматином • Характеризовать уровни упаковки генетического материала в ядре • Анализировать значение компактизации ДНК для функционирования клетки • Связывать структуру ядра с его информационными функциями
6. Мембранные структуры клетки и их значение для геномного редактирования	• Строение клеточных мембран: жидкостно-мозаичная модель • Транспорт веществ через мембрану • Мембранный потенциал и его значение • Эндоцитоз и экзоцитоз • Важность мембранных систем для методов доставки компонентов систем геномного редактирования	• Лабораторная работа: наблюдение плазмолиза и деплазмолиза в растительных клетках • Моделирование строения мембраны • Анализ схем различных типов транспорта через мембрану • Обсуждение: «Как доставить инструменты редактирования в клетку?»	• Описывать строение клеточной мембраны • Объяснять механизмы транспорта веществ через мембрану • Сравнивать различные типы транспорта • Связывать свойства мембран с методами доставки компонентов систем геномного редактирования
7. Взаимодействие клеточных структур: от органоидов к системам	• Компартиментализация клетки и её значение • Взаимодействие органоидов в процессах биосинтеза белка • Внутриклеточный	• Создание схемы взаимодействия органоидов в процессе биосинтеза белка • Ролевая игра: "Путь белка от синтеза до	• Объяснять принципы компартиментализации клетки • Описывать взаимодействие органоидов в процессах биосинтеза

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	транспорт молекул и везикул • Сигнальные системы клетки • Целостное представление о клетке как мишени для геномного редактирования	секреции" • Анализ видеоматериалов о работе клетки	• Анализировать пути внутриклеточного транспорта • Оценивать значение целостного функционирования клетки

Методические рекомендации для преподавателей

Общие рекомендации

1. Поддержание мотивации

- начинайте каждое занятие с интересного факта или демонстрации явления;
- показывайте связь изучаемого материала с реальной жизнью и современными технологиями;
- используйте элементы геймификации (соревнования, набор баллов, игровые формы работы);
- подчеркивайте достижения участников, создавая ситуацию успеха.

2. Организация учебной деятельности:

- чередуйте различные виды деятельности каждые 15-20 минут;
- включайте короткие практические задания даже в теоретическую часть;
- предусмотрите задания разного уровня сложности для разных категорий учащихся;
- организуйте работу в малых группах для взаимного обучения и поддержки.

Взаимосвязь клеточных структур с будущими темами

Клеточная структура	Связь с будущими темами
Клеточное ядро	• Объясните, что ядро содержит ДНК - носитель наследственной информации • Подчеркните, что организация хроматина влияет на доступность генов • Объясните, как структура ядра обеспечивает защиту генетического материала
Мембранные структуры	• Объясните, как через мембраны происходит транспорт веществ для клеточных процессов • Обсудите важность мембран для поддержания внутриклеточной среды • Покажите роль мембран в компартментализации клетки
Органоиды клетки	• Подчеркните роль рибосом в синтезе белков по информации из ДНК • Объясните функцию митохондрий и хлоропластов как носителей собственной ДНК

Клеточная структура	Связь с будущими темами
	• Покажите взаимосвязь органоидов в процессах клеточного метаболизма
Клеточные взаимодействия	• Объясните, как клетки общаются друг с другом • Покажите, как сигнальные системы регулируют экспрессию генов • Обсудите, как взаимодействие клеток влияет на функционирование тканей

Ключевые лабораторные работы и опыты

1. Микроскопическое исследование клеток (занятия 2-3)

Материалы: световые микроскопы, готовые микропрепараты, предметные и покровные стекла, пипетки, красители.

Техника безопасности: правила работы с микроскопом, обращение со стеклом.

Процедура:

- настройка освещения;
- подготовка временных микропрепаратов (кожица лука);
- наблюдение, зарисовка, фотографирование.

Ключевой момент: сделайте акцент на том, что каждый объект, видимый под микроскопом, состоит из молекул, которые мы будем изучать позже.

2. Наблюдение плазмолиза и деплазмолиза (занятие 6)

Материалы: микроскопы, предметные и покровные стекла, кожица лука, растворы соли разной концентрации.

Процедура:

- поместить кожицу лука в воду, затем в гипертонический раствор;
- наблюдать за изменениями клеток;
- перенести в чистую воду и наблюдать восстановление.

Ключевой момент: объясните, что проницаемость мембран – важное свойство, которое позволяет клеткам получать необходимые вещества и выводить продукты жизнедеятельности.

3. Изучение строения ядра (занятие 5)

Материалы: микроскопы, готовые препараты клеток с окрашенными ядрами, материалы для окрашивания ДНК.

Процедура:

- изучение готовых препаратов;
- окрашивание временных препаратов метиленовым синим;
- наблюдение и зарисовка.

Ключевой момент: подчеркните, что ядро содержит наследственную информацию, которую мы будем изучать в последующих модулях.

Доступное объяснение сложных концепций

Хроматин и хромосомы: «Представьте, что ДНК – это очень длинная нить с инструкциями для клетки. Чтобы поместиться в маленьком ядре, она сворачивается, как наушники в кармане, образуя хроматин. Во время деления

клетки хроматин компактизуется ещё сильнее, формируя хромосомы – компактные структуры, которые мы можем увидеть под микроскопом».

Компартментализация клетки: «Клетка похожа на фабрику, где в разных цехах (органоидах) выполняются разные задачи. Каждый цех специализирован, имеет свой набор инструментов и выполняет определенную функцию. Благодаря такому разделению труда клетка работает эффективно».

Клеточные мембраны: «Мембрана – это умная граница клетки, как таможня на границе государства. Она решает, что пропустить внутрь, а что оставить снаружи. Некоторые вещества могут проходить свободно, для других нужны специальные пропуска (белки-переносчики)».

Рекомендации по ведению лабораторного журнала

1. Значение лабораторного журнала

- объясните, что лабораторный журнал — это официальный документ научного исследования;
- покажите примеры (фото, видео) реальных лабораторных журналов из научных лабораторий;
- подчеркните, что навык ведения лабораторного журнала проверяется на олимпиаде НТО.

2. Структура лабораторного журнала

- разработайте и выдайте шаблон лабораторного журнала с основными разделами⁴
- обучите правильному оформлению титульного листа и содержания;
- требуйте обязательного включения следующих разделов для каждой работы:
 - дата и название работы;
 - цель исследования;
 - оборудование и реактивы;
 - методика проведения работы;
 - результаты и наблюдения;
 - расчеты (с формулами и единицами измерения);
 - выводы;
 - ответы на контрольные вопросы.

3. Методика ведения записей

- требуйте ведения записей непосредственно во время эксперимента, а не «по памяти» после;
- обучите технике «хороших лабораторных практик» (GLP): никогда не стирать записи, а перечеркивать ошибки одной линией;
- требуйте указания единиц измерения при всех числовых значениях;
- поощряйте использование таблиц и графиков для наглядного представления данных.

4. Оценка лабораторных журналов

- регулярно проверяйте лабораторные журналы (не реже одного раза в две недели);
- разработайте четкие критерии оценки лабораторных журналов;
- предоставляйте конструктивную обратную связь по ведению журнала;
- демонстрируйте лучшие примеры ведения журналов для мотивации учащихся.

Методическая карта модуля «Основы химии для биологов» (22 часов)

Ключевой результат обучения по модулю – объяснять молекулярные основы биологических процессов и свойств биомолекул с использованием фундаментальных химических концепций.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Химические элементы, важные для жизни	• Углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера; их роль в живых организмах • Положение биогенных элементов в периодической системе • Макро- и микроэлементы в организме человека • Органогены: что делает элементы важными для жизни	• Лабораторная работа: обнаружение углерода в органических веществах (обугливание) • Составление схемы «Биогенные элементы и их функции» • Групповое обсуждение «Почему именно эти элементы важны для жизни?»	• Перечислять основные биогенные элементы • Описывать роль основных биогенных элементов в организме • Объяснять, почему именно эти элементы стали основой жизни • Анализировать содержание элементов в разных биологических структурах
2-3. Химические связи: как атомы объединяются в молекулы	• Понятие о валентности элементов • Ковалентная связь: полярная и неполярная • Ионная связь • Водородная связь и ее особенности • Электроотрицательность элементов • Значение разных типов связей для биологических молекул	• Практическая работа с моделями молекул: определение типа связи • Заполнение сравнительной таблицы типов химических связей • Игра "Составь молекулу" с использованием атомных карточек	• Различать основные типы химических связей • Объяснять механизм образования ковалентной и ионной связи • Прогнозировать тип связи между атомами на основе их положения в периодической системе • Приводить примеры биологически

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
			важных молекул с разными типами связей
4. Вода - основа жизни	• Строение молекулы воды • Физические и химические свойства воды • Понятие о полярности молекулы воды • Агрегатные состояния воды • Уникальные свойства воды и их значение для жизни • Биологические функции воды	• Лабораторная работа: исследование свойств воды (поверхностное натяжение, растворяющая способность) • Создание схемы «Вода в организме: где и зачем» • Мини-исследование «Сколько воды в разных продуктах питания»	• Описывать строение молекулы воды • Объяснять, почему вода является полярной молекулой • Перечислять уникальные свойства воды • Анализировать значение свойств воды для живых организмов • Оценивать роль воды в поддержании жизни
5. Диполь воды и водородные связи	• Понятие о диполе и дипольном моменте • Механизм образования водородных связей • Особенности водородных связей в воде • Влияние водородных связей на физические свойства воды • Роль водородных связей в структуре биомолекул • Гидрофильные и гидрофобные взаимодействия	• Демонстрационные опыты по полярности молекул • Моделирование водородных связей между молекулами воды • Составление схемы «Водородные связи в белках и нуклеиновых кислотах»	• Объяснять, что такое диполь и как он образуется • Описывать механизм образования водородной связи • Анализировать роль водородных связей в структуре воды и биомолекул • Прогнозировать поведение веществ в воде на основе их полярности
6. Растворы и их значение для биологических процессов	• Понятие о растворах и растворимости • Концентрация растворов: массовая доля, молярность • Растворитель и растворенное вещество • Гидратация ионов в растворах • Диффузия и осмос • Биологические жидкости как сложные растворы	• Лабораторная работа: приготовление растворов заданной концентрации • Демонстрационный опыт «Осмос с помощью целлофанового мешочка» • Решение задач на расчет концентрации растворов	• Готовить растворы заданной концентрации • Рассчитывать массовую долю и молярность растворов • Объяснять явления диффузии и осмоса • Приводить примеры важности растворов в биологических системах • Анализировать роль осмоса в

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
			жизнедеятельности клеток
7. Электролиты и их диссоциация	• Понятие об электролитах и неэлектролитах • Механизм электролитической диссоциации • Сильные и слабые электролиты • Степень диссоциации • Ионы в растворах и их биологическая роль • Электролитный баланс в организме	• Лабораторная работа: определение электропроводности различных растворов • Составление схем диссоциации различных электролитов • Демонстрационный опыт «Проводимость биологических жидкостей»	• Различать электролиты и неэлектролиты • Объяснять механизм электролитической диссоциации • Записывать уравнения диссоциации различных веществ • Анализировать роль ионов в функционировании живых систем • Объяснять понятие электролитного баланса
8. Кислоты и основания	• Понятие о кислотах и основаниях • Классификация и номенклатура кислот и оснований • Теория кислот и оснований Аррениуса • Кисотно-основные свойства биомолекул • Сила кислот и оснований • Кислоты и основания в живых организмах	• Лабораторная работа: определение кислот и оснований с помощью индикаторов • Составление таблицы "Кислоты и основания в организме человека" • Демонстрационные опыты с природными индикаторами (сок краснокочанной капусты)	• Определять кислоты и основания по их формулам • Объяснять кислотно-основные свойства с позиции теории электролитической диссоциации • Использовать индикаторы для определения кислот и оснований • Приводить примеры биологически важных кислот и оснований • Анализировать роль кислотно-основного равновесия в организме
9. pH и его роль в биологических процессах	• Понятие о pH как мере кислотности среды • Шкала pH • Методы измерения pH • Оптимальный pH для различных	• Лабораторная работа: измерение pH различных растворов с помощью универсального индикатора	• Объяснять понятие pH и его связь с концентрацией ионов водорода • Измерять pH с помощью

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	биологических процессов • pH крови, желудочного сока и других биологических жидкостей • Влияние изменения pH на ферментативные реакции	• Исследование pH различных пищевых продуктов • Построение графика зависимости активности фермента от pH среды	индикаторов и pH-метра • Анализировать влияние pH на биологические процессы • Оценивать оптимальный pH для различных ферментов • Объяснять причины поддержания определенного pH в разных органах
10-11. Буферные системы	• Понятие о буферных растворах • Механизм действия буферных систем • Буферная емкость • Важнейшие буферные системы организма: фосфатная, бикарбонатная, белковая • Поддержание кислотно-щелочного равновесия в организме	• Лабораторная работа: приготовление буферного раствора и исследование его свойств • Демонстрационный опыт "Буферные свойства белков" • Решение задач на расчет pH буферных растворов	• Объяснять принцип действия буферных растворов • Готовить простейшие буферные растворы • Анализировать роль буферных систем в поддержании гомеостаза • Описывать основные буферные системы организма • Оценивать значение буферных свойств биологических жидкостей

Методические рекомендации для преподавателей

1. Структура занятий:

- начинайте каждое занятие с краткого повторения предыдущего материала (5-7 минут);
- разделите занятие на теоретическую часть (30-35 минут) и практическую часть (45-50 минут);
- делайте акцент на связи химических понятий с биологическими процессами.

2. Учет особенностей начального уровня участников:

- используйте простые и наглядные демонстрации для объяснения сложных понятий;
- вводите терминологию постепенно, с обязательным объяснением значения каждого нового термина;

- связывайте химические понятия с повседневным опытом учащихся;
- начинайте с простых моделей, постепенно увеличивая их сложность.

3. Организация пространства и материалов:

- расположите столы для групповой работы (3-4 человека в группе);
- заранее подготовьте оборудование для лабораторных работ;
- создайте "Словарь химических терминов" для записи новых понятий;
- используйте цветные схемы и модели для лучшего восприятия материала.

Методические приемы для повышения доступности материала

1. Визуализация процессов:

- используйте трехмерные модели молекул (пластилин, шарики, конструкторы);
- применяйте цветовое кодирование для обозначения разных элементов и связей;
- демонстрируйте видеоматериалы о химических процессах и реакциях;
- создавайте схемы на доске совместно с учащимися.

2. Интерактивные методы обучения:

- применяйте методику "подумай-обсуди-поделись" для осмысления сложных концепций;
- используйте игровые формы для закрепления терминологии и понятий;
- проводите мини-соревнования по решению задач или выполнению лабораторных работ;
- организуйте дискуссии по вопросам связи химии с биологией.

Рекомендации по проведению лабораторных работ

1. Общие принципы:

- демонстрируйте все операции перед их выполнением учащимися;
- проводите работу в малых группах (2-3 человека);
- выделяйте время на обсуждение результатов и формулирование выводов.

2. Ключевые лабораторные работы модуля:

Лабораторная работа «Обнаружение углерода в органических веществах»

Материалы: Сахар, крахмал, бумага, спиртовка или свеча, фарфоровые чашки, держатели.

Ход работы:

- поместить небольшое количество исследуемого вещества в фарфоровую чашку;
- нагреть до обугливания (почернения);
- наблюдать изменение цвета до черного (образование углерода);
- сравнить результаты для разных веществ.

Обсуждение: Объяснить, что почернение свидетельствует о наличии углерода, который является основой органических соединений. Связать это с углеродным скелетом биомолекул.

Лабораторная работа «Исследование свойств воды»

Материалы: Стаканы, пипетки, различные жидкости (вода, масло, спирт), монеты, бумажные салфетки, капиллярные трубки.

Ход работы:

- исследование поверхностного натяжения: нанесение капель на монету, сравнение формы капель разных жидкостей;
- наблюдение капиллярных явлений: помещение бумажной полоски в воду;
- сравнение смешиваемости воды с разными жидкостями.

Обсуждение: Связать свойства воды с ее полярностью и способностью образовывать водородные связи. Объяснить значение этих свойств для живых организмов.

Лабораторная работа «Приготовление растворов заданной концентрации»

Материалы: Соль или сахар, дистиллированная вода, весы, мерные цилиндры, стаканы, стеклянные палочки.

Ход работы:

- рассчитать необходимую массу вещества для приготовления раствора заданной концентрации;
- взвесить расчетное количество вещества;
- растворить вещество в части воды, затем довести до необходимого объема;
- проверить полноту растворения.

Обсуждение: Объяснить понятия массовой доли и молярной концентрации. Подчеркнуть важность точных концентраций в биологических системах и лабораторных методах.

Лабораторная работа «Определение электропроводности растворов»

Цель: Изучить электролитическую диссоциацию различных веществ.

Материалы: Растворы соли, сахара, уксусной кислоты, лимонного сока; прибор для определения электропроводности (можно сделать самостоятельно из батарейки, проводов и лампочки).

Ход работы:

- проверить электропроводность различных растворов;
- составить таблицу результатов;
- классифицировать исследуемые вещества на электролиты и неэлектролиты.

Обсуждение: Объяснить механизм электролитической диссоциации и роль ионов в биологических процессах.

Лабораторная работа «Определение кислот и оснований с помощью индикаторов»

Цель: Изучить кислотно-основные свойства различных веществ.

Материалы: Растворы уксусной кислоты, лимонного сока, пищевой соды, мыла; универсальная индикаторная бумага, сок краснокочанной капусты как природный индикатор.

Ход работы:

- определить pH различных растворов с помощью индикаторной бумаги;

- приготовить индикатор из сока краснокочанной капусты;
- проверить изменение цвета индикатора в различных средах.

Обсуждение: Объяснить понятие pH и его значение для биологических систем. Привести примеры важности определенного pH для функционирования ферментов и других биомолекул.

Связь химических понятий с биологическими процессами

Химическое понятие	Связь с биологическими процессами
Биогенные элементы	• Углерод как основа органических соединений и биомолекул • Кислород в процессах дыхания и окисления • Азот в составе белков и нуклеиновых кислот • Фосфор в АТФ и нуклеиновых кислотах
Химические связи	• Ковалентные связи в углеродном скелете биомолекул • Водородные связи в структуре ДНК и белков • Ионные взаимодействия в биологических буферных системах
Вода и ее свойства	• Вода как среда для биохимических реакций • Роль водородных связей в структуре биомолекул • Гидрофобные взаимодействия в белках и мембранах • Капиллярные явления в транспорте веществ у растений
Растворы и концентрации	• Осмотические явления в клетках • Поддержание гомеостаза через концентрации растворенных веществ • Значение растворимости для биодоступности веществ
Кислоты, основания и pH	• pH-зависимость активности ферментов • Буферные системы организма • Кислотно-основные свойства аминокислот

Методическая карта модуля «Основы молекулярной биологии» (12 часов, 6 занятий по 2 ак.ч.)

Ключевой результат обучения - анализировать структуру и функции основных биомолекул (белков, нуклеиновых кислот) в контексте передачи генетической информации и реализации центральной догмы молекулярной биологии.

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в молекулярную биологию	• Предмет молекулярной биологии: изучение жизни на молекулярном уровне • История открытий в молекулярной биологии: от Менделя до структуры ДНК - Четыре класса биомолекул (углеводы, липиды, белки, нуклеиновые кислоты)	• Составление ментальной карты "Связь молекулярной биологии с биотехнологиями" • Обсуждение в малых группах "Где мы встречаемся с молекулярной биологией в повседневной жизни?" • Мини-викторина "Открытия в молекулярной биологии"	• Объяснять предмет молекулярной биологии своими словами • Приводить примеры применения молекулярной биологии в биотехнологиях • Распознавать основные достижения молекулярной биологии

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
2. Биомолекулы. Белки и их структура	• Аминокислоты как строительные блоки белков • 20 протеиногенных аминокислот и их свойства • Пептидная связь и ее образование • Уровни организации белковых молекул: - Первичная структура (последовательность аминокислот) - Вторичная структура (α-спираль, β-складчатый слой) - Третичная структура (пространственная укладка) - Четвертичная структура (объединение субъединиц) • Типы связей, стабилизирующих структуру белка: - Водородные связи - Ионные взаимодействия - Гидрофобные взаимодействия - Дисульфидные мостики • Денатурация и ренатурация белков • Биологические функции белков (структурная, каталитическая, транспортная, защитная, регуляторная, двигательная)	• Лабораторная работа: качественные реакции на белки (биуретовая, нингидриновая) • Практическая работа: моделирование вторичной структуры белка с использованием бумажных моделей • Анализ примеров белков с различными функциями и их структуры • Решение задач на определение аминокислотного состава и первичной структуры белка • Создание схемы "Типы связей в белковых молекулах"	• Перечислять основные классы биомолекул и их функции в живых организмах • Описывать строение аминокислот и механизм образования пептидной связи • Различать уровни структурной организации белков • Объяснять взаимосвязь между структурой и функцией белков • Предсказывать влияние физико-химических факторов на стабильность белковой структуры • Проводить качественные реакции на белки и интерпретировать их результаты
3. Нуклеиновые кислоты: ДНК	• ДНК как носитель наследственной информации • Химический состав ДНК (нуклеотиды) • Правило Чаргаффа • Структура двойной	• Конструирование модели молекулы ДНК из подручных материалов • Решение задач на правило Чаргаффа • Упражнение на	• Описывать состав и строение молекулы ДНК • Объяснять принцип комплементарности • Строить комплементарную

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	спирали • Комплементарность нуклеотидов • Локализация ДНК в клетке	построение комплементарной цепи ДНК	цепь ДНК по заданной последовательности • Решать простые задачи на правило Чаргаффа
4. Нуклеиновые кислоты: РНК	• Сравнение ДНК и РНК • Типы РНК и их функции (мРНК, тРНК, рРНК) • Строение РНК • Роль РНК в синтезе белка • Локализация различных типов РНК в клетке	• Составление сравнительной таблицы "ДНК и РНК" • Моделирование различных типов РНК • Тест на понимание функций различных типов РНК	• Различать типы РНК • Объяснять функции каждого типа РНК • Сравнить структуру и функции ДНК и РНК • Устанавливать связь между строением и функцией различных типов РНК
5. Практическая работа: выделение ДНК из фруктов	• Принцип метода выделения ДНК • Роль детергентов и солей в выделении ДНК • Свойства спирта при осаждении ДНК • Протокол выделения ДНК из растительных тканей • Техника безопасности при работе с реактивами	• Практическая работа: выделение ДНК из банана или клубники • Составление протокола эксперимента • Обсуждение результатов и возможных ошибок	• Выполнять процедуру выделения ДНК из растительных тканей • Объяснять роль каждого этапа и реагента в процессе выделения ДНК • Соблюдать технику безопасности при работе с реактивами • Анализировать полученные результаты
6. Центральная догма молекулярной биологии	• Понятие о центральной догме молекулярной биологии • Репликация ДНК: общий принцип • Транскрипция: от ДНК к РНК • Трансляция: от РНК к белку • Генетический код и его свойства • Современные представления о реализации генетической информации	• Создание схемы "Центральная догма молекулярной биологии" • Упражнение на транскрипцию (построение мРНК по последовательности ДНК) • Игра "От ДНК к белку" (моделирование этапов экспрессии гена) Анализ инфографики "Центральная догма молекулярной биологии"	• Формулировать центральную догму молекулярной биологии • Описывать последовательность передачи генетической информации • Объяснять основные процессы реализации генетической информации • Транскрибировать последовательность ДНК в РНК

Методические рекомендации

1. Упрощение сложных концепций

- используйте аналогии и метафоры для объяснения молекулярных процессов;
- разбивайте сложные процессы на простые последовательные шаги;
- визуализируйте все ключевые понятия через схемы, модели, анимации;

2. Интерактивные методы обучения

- используйте методы активного обучения (работа в группах, обсуждения, игры);
- применяйте методику "подумай-обсуди-поделись" для осмысления сложных концепций;
- вовлекайте учащихся в моделирование процессов с помощью подручных материалов.

3. Связь с предыдущими знаниями

- постоянно устанавливайте связи с уже изученным материалом модуля "Клетка";
- задавайте вопросы, помогающие ученикам самостоятельно делать выводы;
- используйте приём "от знакомого к незнакомому", опираясь на имеющиеся знания.

Взаимосвязь молекулярных процессов с будущими темами

Молекулярный процесс	Связь с будущими темами
Структура ДНК	• Объясните, что ДНК хранит информацию, необходимую для развития и функционирования организма • Подчеркните, что структура ДНК делает возможным её копирование и передачу информации • Обсудите, как особенности строения ДНК связаны с универсальностью генетического кода
Белки и их структура	• Объясните, что белки — это молекулярные "инструменты" клетки, выполняющие большинство функций • Подчеркните, что от структуры белка зависит его функция • Обсудите, как изменения в генах могут влиять на структуру и функцию белков
Центральная догма биологии	• Объясните, как информация из ДНК через РНК преобразуется в белки • Подчеркните универсальность этого процесса для всех живых организмов • Обсудите, как нарушения в этих процессах могут приводить к заболеваниям
РНК и её типы	• Объясните разнообразие функций РНК в клетке • Подчеркните, что РНК играет ключевую роль в синтезе белков • Обсудите, как разные типы РНК взаимодействуют в процессе трансляции

Ключевые лабораторные работы и опыты

1. Выделение ДНК из растительных тканей (занятие 5)

- **материалы:** свежие фрукты (бананы или клубника), жидкое моющее средство, поваренная соль, холодный этиловый спирт, фильтры, стаканчики;

- **техника безопасности:** работа со спиртом, обращение со стеклянной посудой.

- **Процедура:**

- измельчение растительного материала;
- добавление экстракционного раствора (моющее средство + соль);
- фильтрация смеси;
- осаждение ДНК холодным спиртом.

- **Ключевой момент:** подчеркните, что этот простой метод позволяет увидеть молекулы ДНК, невидимые невооруженным глазом, и что эта же ДНК содержит всю наследственную информацию растения

2. Качественные реакции на белки (занятие 2)

- **материалы:** растворы белков, биуретовый реактив, пробирки;

- **техника безопасности:** работа с реактивами, нагревание;

- **процедура:** биуретовая реакция: смешивание раствора белка с биуретовым реактивом.

- **Ключевой момент:** объясните, что белки – основные “рабочие молекулы” клетки, и наличие определенных химических групп позволяет их обнаруживать с помощью реакций.

3. Моделирование центральной догмы молекулярной биологии (занятие 6):

- **Материалы:** цветные карточки с нуклеотидами и аминокислотами, таблица генетического кода

- **Процедура:**

- моделирование ДНК из цветных карточек;
- построение мРНК на основе последовательности ДНК;
- декодирование мРНК в последовательность аминокислот с помощью таблицы генетического кода.

- **Ключевой момент:** подчеркните, что это упрощенная модель процессов, происходящих в каждой клетке, и что точность этих процессов критически важна для нормального функционирования организма.

Доступное объяснение сложных концепций

- **ДНК и гены:** “ДНК можно представить, как книгу рецептов, где каждый рецепт — это ген. Гены содержат инструкции для создания белков, которые, в свою очередь, определяют свойства организма. Точно так же, как из одной кулинарной книги можно приготовить разные блюда, используя разные рецепты в разное время, клетка может использовать разные гены в зависимости от своих потребностей”.

- **Синтез белка:** “Представьте, что ДНК — это книга рецептов, которая никогда не покидает библиотеку (ядро). Когда нужно приготовить блюдо (белок), с нужной страницы делается копия (мРНК), которая выносится из библиотеки на кухню (рибосому). На кухне по этому рецепту повара (тРНК) собирают блюдо из имеющихся ингредиентов (аминокислот)”.

- **Комплементарность нуклеотидов:** "Нуклеотиды в ДНК соединяются по принципу ключ-замок: А всегда соединяется с Т, а Г всегда с Ц. Это похоже на пазл, где каждый кусочек подходит только к определенному партнеру. Благодаря этому принципу ДНК может точно копироваться, и генетическая информация надежно передается из поколения в поколение".

Дополнительные рекомендации

- выстраивайте систему взаимосвязей между разными понятиями с помощью ментальных карт;
- используйте рефлексивные практики (короткие письменные задания, самооценку);
- поощряйте вопросы учеников и предлагайте им самим находить ответы;
- активно используйте метод проблемного обучения, создавая ситуации, требующие применения полученных знаний.

Методическая карта модуля "Программирование на Python для биоинформатики (начальный уровень)" (16 часов)

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в Python и его применение в биоинформатике	• Знакомство с Python и его ролью в биоинформатике • Установка Python и среды разработки (Jupyter Notebook) • Интерфейс Jupyter Notebook • Базовые команды Python • Примеры использования Python в биоинформатике	• Входное тестирование на выявление начальных знаний в программировании и биологии • Практическое задание: установка Python и Jupyter Notebook • Создание первого скрипта "Hello, Biology!" • Обсуждение: "Какие задачи биологии можно решать с помощью программирования?"	• Объяснять роль программирования в современной биологии • Использовать базовые функции Jupyter Notebook • Создавать и запускать простые команды в Python • Описывать примеры применения Python в биоинформатике (Понимание)
2. Основы синтаксиса Python и переменные	• Типы данных в Python (числа, строки, логические значения) • Переменные и присваивание значений • Арифметические операции • Комментарии в коде • Работа с текстом как моделью последовательности ДНК	• Создание и тестирование простых выражений в Python • Задание на присваивание переменных и проведение вычислений • Создание программы для расчета процентного содержания нуклеотидов в	• Создавать переменные различных типов данных • Выполнять базовые математические операции в Python • Писать комментарии к коду • Использовать строковые переменные для представления ДНК

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		короткой последовательности ДНК • Квиз по основным типам данных	
3. Условные конструкции и принятие решений	• Логические операторы (and, or, not) • Условные конструкции (if-elif-else) • Сравнение значений • Проверка биологических условий (например, наличие старт/стоп кодонов) • Вложенные условия	• Написание программы для проверки, является ли нуклеотид пурином или пиримидином • Создание скрипта для идентификации старт/стоп кодонов в последовательности • Решение задачи "Определение GC-богатых участков ДНК" • Взаимная проверка кода	• Применять логические операторы для решения биологических задач • Создавать условные конструкции для анализа последовательностей ДНК • Писать программы, принимающие решения на основе заданных условий
4. Циклы и повторения	• Цикл for и его применение • Цикл while • Обход элементов строки • Подсчет нуклеотидов в последовательности ДНК • Прерывание циклов (break, continue)	• Написание программы для подсчета всех нуклеотидов в ДНК-последовательности • Создание скрипта для поиска специфических мотивов в ДНК • Мини-проект: определение процентного содержания GC в различных участках последовательности • Тест на понимание циклов	• Использовать циклы для обработки биологических последовательностей • Применять различные типы циклов для решения задач • Создавать программы для анализа участков ДНК
5. Строки и методы работы с ними	• Строки как модель ДНК/РНК последовательностей • Индексация и срезы строк • Основные методы работы со строками (upper, lower, count, find) • Конкатенация строк • Создание комплементарной цепи ДНК	• Практическое задание: создание функции для транскрипции ДНК в РНК • Поиск и подсчет специфических паттернов в ДНК • Написание программы для создания обратно-комплементарной последовательности • Самостоятельная	• Применять методы работы со строками для анализа последовательностей ДНК • Создавать программы для преобразования генетических последовательностей • Использовать индексацию и срезы для выделения участков ДНК

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
		работа с методами строк	
6. Списки и структуры данных	• Списки в Python и их свойства • Методы работы со списками • Словари как способ хранения данных "ключ-значение" • Хранение биологических данных (например, генетического кода) • Вложенные структуры данных	• Создание словаря генетического кода • Разработка программы для перевода последовательности нуклеотидов в аминокислоты • Хранение и обработка данных о нескольких ДНК-последовательностях • Практическая работа со структурами данных	• Создавать и использовать списки для хранения биологических данных • Применять словари для представления биологических соответствий • Организовывать хранение и обработку нескольких последовательностей ДНК
7. Функции и модульность кода	• Создание и вызов функций • Параметры и возвращаемые значения • Области видимости переменных • Документирование функций • Создание биоинформатических функций	• Написание функции для поиска открытых рамок считывания • Создание набора функций для анализа ДНК (GC-состав, поиск мотивов, транскрипция) • Документирование созданных функций • Взаимная проверка и тестирование функций	• Создавать пользовательские функции для решения биоинформатических задач • Документировать код с помощью комментариев • Структурировать программы с использованием функций
8. Работа с файлами и формат FASTA	• Чтение и запись текстовых файлов • Формат FASTA для хранения биологических последовательностей • Парсинг FASTA-файлов • Обработка нескольких последовательностей из файла	• Написание программы для чтения последовательностей из FASTA-файла • Создание скрипта для анализа последовательностей из файла и записи результатов • Групповой проект: создание программы для сравнения нескольких последовательностей • Итоговая практическая работа	• Читать и анализировать данные из FASTA-файлов • Создавать программы для обработки реальных биологических данных • Сохранять результаты анализа в файлы

Рекомендации для преподавателей

1. **Фокус на практическом применении.** Каждая тема должна сопровождаться примерами из биоинформатики, даже если они упрощены для понимания учащимися 8 класса.
2. **Использование готовых шаблонов.** Для учителей информатики без опыта в генетике рекомендуется использовать подготовленные шаблоны кода с комментариями, объясняющими биологический контекст.
3. **Связь с другими модулями.** Важно подчеркивать связь с материалом, изучаемым в других модулях программы (например, структура ДНК, генетический код).
4. **Подготовка данных.** Использовать упрощенные и заранее подготовленные наборы данных (короткие последовательности ДНК с понятными биологическими функциями).

Методическая карта модуля "Основы генетики" (16 часов)

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в генетику; наука о наследственности	• Понятие генетики как науки • Краткая история развития генетики • Значение генетики в современной биологии и медицине • Основные генетические термины: ген, аллель, хромосома, наследственность, изменчивость	• Входное тестирование для определения начального уровня знаний • Составление словаря основных генетических терминов • Обсуждение: "Для чего нужна генетика в повседневной жизни?"	• Объяснять, что изучает генетика • Называть основные генетические термины • Приводить примеры применения генетики в медицине и сельском хозяйстве • Различать понятия "наследственность" и "изменчивость"
2. Хромосомы и гены; материальные носители наследственности	• Хромосомы: строение и функции • Кариотип человека • Гомологичные хромосомы • Аутосомы и половые хромосомы • Ген как участок ДНК • Лocus – положение гена на хромосоме • Аллельные гены	• Работа с изображениями кариотипов • Составление схемы строения хромосомы • Создание модели хромосомы из пластилина или цветной бумаги • Задание: "Найди пару" (сопоставление понятий и их определений)	• Описывать строение хромосом • Объяснять, что такое кариотип • Различать аутосомы и половые хромосомы • Объяснять понятия "ген", "аллель", "locus" • Показывать расположение генов на хромосоме на модели
3. Деление клеток: митоз и мейоз	• Клеточный цикл • Митоз как способ деления соматических клеток • Фазы митоза: профаза, метафаза, анафаза, телофаза	• Работа с микропрепаратами клеток на разных стадиях деления • Создание динамической модели митоза и мейоза с	• Называть основные фазы митоза и мейоза • Объяснять биологическое значение митоза и мейоза

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Мейоз как основа полового размножения • Мейоз I и мейоз II • Конъюгация и кроссинговер • Биологическое значение митоза и мейоза	• использованием пластилина • Заполнение сравнительной таблицы "Митоз и мейоз" • Составление схемы образования гамет	• Сравнить митоз и мейоз • Объяснять, как образуются гаметы в процессе мейоза • Распознавать фазы митоза и мейоза на микропрепаратах
4. Законы Менделя: моногибридное скрещивание	• Г. Мендель и его эксперименты • Моногибридное скрещивание • Закон единообразия гибридов первого поколения • Закон расщепления признаков • Понятия "доминантный" и "рецессивный" признак • Гомозиготы и гетерозиготы • Решетка Пеннета для моногибридного скрещивания	• Практическая работа: моделирование моногибридного скрещивания с использованием цветных бумажных моделей • Решение простых задач на моногибридное скрещивание • Составление схем скрещиваний	• Формулировать первый и второй законы Менделя • Объяснять механизм расщепления признаков при моногибридном скрещивании • Использовать генетические символы при составлении схем скрещивания • Решать простые задачи на моногибридное скрещивание
5. Законы Менделя: дигибридное скрещивание	• Дигибридное скрещивание • Закон независимого наследования признаков • Решетка Пеннета для дигибридного скрещивания • Отклонения от законов Менделя: неполное доминирование, кодоминирование	• Практическая работа: моделирование дигибридного скрещивания • Решение задач на дигибридное скрещивание • Составление схем скрещиваний • Работа в малых группах: анализ результатов скрещивания	• Формулировать третий закон Менделя • Объяснять механизм независимого наследования признаков • Решать задачи на дигибридное скрещивание • Приводить примеры отклонений от законов Менделя
6. Сцепленное наследование генов	• Хромосомная теория наследственности • Группы сцепления генов • Сцепленное наследование и кроссинговер	• Решение задач на сцепленное наследование • Анализ родословных семей с наследственными заболеваниями, сцепленными с полом	• Объяснять механизм сцепленного наследования генов • Описывать роль кроссинговера в изменении сцепления генов

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	- Особенности наследования сцепленных с полом признаков - X-сцепленное наследование	Обсуждение: "Почему некоторые заболевания чаще встречаются у мужчин?"	- Решать простые задачи на сцепленное наследование - Объяснять особенности наследования признаков, сцепленных с полом
7. Генотип и фенотип. Мутации	- Понятие генотипа и фенотипа - Взаимодействие генотипа и среды - Модификационная изменчивость - Норма реакции - Понятие о мутациях - Классификация мутаций: генные, хромосомные, геномные - Причины мутаций	- Практическая работа: исследование модификационной изменчивости (измерение размеров листьев растений) - Построение вариационного ряда и вариационной кривой - Анализ фотографий хромосомных аномалий - Составление таблицы "Типы мутаций и их последствия"	- Различать понятия генотипа и фенотипа - Приводить примеры влияния среды на проявление признаков - Объяснять, что такое модификационная изменчивость - Объяснять, что такое мутации - Называть основные типы мутаций - Объяснять, как мутации влияют на организм
8. Практикум: решение генетических задач	- Алгоритмы решения генетических задач - Генетическая символика - Задачи на моногибридное скрещивание - Задачи на дигибридное скрещивание - Задачи на сцепленное наследование - Задачи на наследование, сцепленное с полом - Анализ родословных	- Решение задач на разные типы наследования - Генетическая викторина с вопросами по всем изученным темам - Командная игра "Генетический квест" - Итоговый тест	- Применять алгоритмы решения генетических задач - Правильно использовать генетическую символику - Решать задачи на разные типы наследования - Анализировать родословные - Демонстрировать комплексное понимание основных генетических понятий и законов

Рекомендации по проведению занятий модуля

Общие рекомендации по организации обучения

Организация занятия

- **Структурируйте каждое занятие** по схеме: актуализация знаний (5-7 минут) → теоретическая часть (25-30 минут) → практическая часть (40-45 минут) → рефлексия (10-15 минут).

Организация практической работы

- используйте моделирование генетических процессов с помощью доступных материалов;
- разработайте алгоритмы решения разных типов генетических задач;
- начинайте с простых задач, постепенно увеличивая их сложность;
- предоставляйте шаблоны для оформления решений.

Доступное объяснение сложных концепций

Использование аналогий и метафор

Для объяснения структуры хромосом и генов

- геном — это библиотека, хромосомы — книги в этой библиотеке, гены — главы в книгах, нуклеотиды — буквы, из которых состоит текст;
- гены — это чертежи для строительства белков, которые являются функциональными "детальками" организма.

Для объяснения законов Менделя:

- представьте, что каждый признак определяется "подбрасыванием монеты", но одна сторона монеты (доминантный аллель) всегда "перевешивает" другую (рецессивный аллель);
- доминантный аллель — это громкий голос, который всегда слышен, а рецессивный — тихий, который слышен только когда нет громкого;
- решетка Пеннета как игра "Морской бой", где гаметы "встречаются" в определенных клетках, и мы можем предсказать результат этих "встреч".

Для объяснения сцепленного наследования:

- гены на одной хромосоме — как пассажиры в одном вагоне поезда, они обычно путешествуют вместе;
- гены в группе сцепления — как спортсмены одной команды, которые обычно выступают вместе, но иногда могут быть "обмены игроками" (кроссинговер).

Для объяснения мутаций:

- мутации — это "опечатки" в тексте генетической информации;
- системы репарации ДНК — это "бригады ремонтников", исправляющие повреждения в генетическом материале.

Визуализация генетических концепций

Для хромосом и генов:

- используйте цветные модели хромосом из пластилина или бумаги;
- создавайте крупные схемы с обозначением центромер, теломер, локусов генов;
- демонстрируйте микрофотографии хромосом с пояснениями.

Для деления клеток:

- используйте серии последовательных изображений фаз митоза и мейоза;
- создавайте динамические модели с использованием подручных материалов;
- применяйте цветовое кодирование для отслеживания движения хромосом.

Для законов Менделя:

- используйте цветные фишки или карточки для моделирования передачи аллелей;
- создавайте крупные, заполняемые решетки Пеннета;
- применяйте блок-схемы для иллюстрации различных скрещиваний.

Для анализа родословных:

- используйте стандартные символы генетических родословных;
- создавайте крупные схемы родословных на доске;
- применяйте цветовое кодирование для отслеживания наследования признаков.

Методические приемы для основных тем

Введение в генетику

- начните с истории генетики, представив ее как захватывающее научное расследование;
- обсудите примеры наследуемых признаков, которые учащиеся могут наблюдать у себя и окружающих;
- используйте интерактивную хронологическую линию открытий в генетике;
- проведите мини-дискуссию "Для чего нужна генетика в повседневной жизни?"

Хромосомы и гены

- используйте модели хромосом из подручных материалов (пластилин, цветная бумага);
- демонстрируйте микрофотографии хромосом и кариотипы;
- обсудите, как одни и те же хромосомы присутствуют во всех клетках организма;
- объясните связь между генами и признаками на конкретных примерах.

Деление клеток: митоз и мейоз

- используйте видеоматериалы и анимации для демонстрации динамических процессов;
- организуйте моделирование процессов деления с использованием подручных материалов;
- проведите сравнительный анализ митоза и мейоза;
- обсудите биологическое значение каждого типа деления.

Законы Менделя

- начните с простых примеров наследования одного признака;
- используйте цветные фишки или карточки для наглядного моделирования скрещиваний;
- решайте задачи, начиная с самых простых, постепенно усложняя условия;
- организуйте работу в малых группах для совместного решения задач.

Сцепленное наследование генов

- сравните независимое и сцепленное наследование на конкретных примерах;
- используйте модели хромосом для демонстрации кроссинговера;
- анализируйте родословные с признаками, сцепленными с полом;
- обсудите значение сцепленного наследования для эволюции.

Генотип и фенотип. Мутации

- приведите примеры взаимодействия генотипа и среды в формировании фенотипа;
- обсудите различные типы мутаций и их последствия;
- рассмотрите роль мутаций в эволюции и селекции;
- связать тему с современными технологиями геномного редактирования.

Методическая карта модуля "Методы исследования в молекулярной биологии" (18 часов)

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в методы молекулярной биологии	• Обзор методов молекулярной биологии: от микроскопии до геномного редактирования • Связь между методами и задачами молекулярной биологии • Значение методов для решения практических задач (медицина, сельское хозяйство, экология)	• Составление схемы "Методы молекулярной биологии и их применение" • Групповое обсуждение: "Какие проблемы можно решить с помощью методов молекулярной биологии?" • Анализ заданий прошлых лет НТО	• Перечислять основные методы молекулярной биологии • Объяснять, какие задачи решает каждый метод • Связывать методы с практическим применением
2. Микроскопические методы исследования	• Принципы работы различных типов микроскопов • Приготовление микропрепаратов • Окрашивание биологических объектов • Визуализация клеточных структур через аналогии с привычными объектами • Микроскопия как первый шаг к молекулярным исследованиям	• Практическая работа: настройка микроскопа и изучение готовых препаратов • Приготовление и окрашивание простых микропрепаратов • Игровое задание "Детектив-биолог" - определение объектов по микроскопическим изображениям • Фотографирование и создание цифрового атласа препаратов	• Настраивать микроскоп для работы • Готовить простые микропрепараты • Различать основные клеточные структуры на микропрепаратах • Связывать наблюдаемые структуры с их молекулярными компонентами
3. Выделение ДНК	• Локализация ДНК в клетке	• Составление инфографики "Этапы	• Объяснять принципы

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Принципы выделения ДНК из клеток • Методы разрушения клеточных структур • Химические основы процесса выделения ДНК • Связь с ранее изученными темами о структуре клетки и ДНК • Практическое значение выделения ДНК в различных областях	выделения ДНК" • Сравнительный эксперимент: выделение ДНК из разных источников	выделения ДНК • Выполнять процедуру выделения ДНК из растительных тканей • Анализировать факторы, влияющие на эффективность выделения ДНК
4. Полимеразная цепная реакция (ПЦР)	• Принцип метода ПЦР • Компоненты ПЦР-смеси и их роль • Этапы ПЦР (денатурация, отжиг, элонгация) • Применение ПЦР в науке и практике • Примеры использования ПЦР в диагностике заболеваний и криминалистике	• Моделирование процесса ПЦР с использованием цветных карточек • Расчет увеличения количества ДНК после разного числа циклов • Соревнование команд по "сборке" наибольшего количества копий ДНК (с использованием карточек) • Анализ видеоматериалов о применении ПЦР в реальных исследованиях	• Объяснять принцип метода ПЦР • Описывать роль каждого компонента ПЦР-смеси • Рассчитывать теоретическое количество копий ДНК после определенного числа циклов
5. Электрофорез нуклеиновых кислот	• Принцип метода электрофореза • Оборудование для проведения электрофореза • Интерпретация результатов электрофореза	• Демонстрационный опыт: электрофорез красителей • Анализ готовых электрофореграмм • Игра "Электрофоретически й детектив" - определение размеров фрагментов ДНК по электрофореграмме	• Объяснять принцип разделения молекул при электрофорезе • Интерпретировать результаты электрофореза • Определять размер фрагментов ДНК по электрофореграмме
6. Рестрикционный анализ	• Рестрикционные ферменты и их свойства • Сайты рестрикции	• Поиск сайтов рестрикции в заданных последовательностях	• Объяснять принцип действия рестрикционных ферментов

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Применение рестрикционных ферментов в молекулярной биологии • Связь с системами защиты бактерий (предпосылка к изучению CRISPR/Cas)	ДНК • Составление рестрикционных карт • Моделирование работы рестриктаз с помощью бумажных моделей ДНК и ножниц	• Находить сайты рестрикции в последовательности ДНК • Составлять простые рестрикционные карты
7. Методы секвенирования ДНК	• Понятие о секвенировании ДНК • Классические и современные методы секвенирования • Значение секвенирования для науки и практики • Примеры практического применения (персонализированная медицина, криминалистика)	• Анализ результатов секвенирования (хроматограмм) • Моделирование метода Сэнгера с использованием цветных карточек • Игра "Детективы ДНК" - определение последовательности ДНК по фрагментам • Дискуссия о перспективах применения секвенирования в медицине и биотехнологии	• Объяснять принципы основных методов секвенирования • Интерпретировать простые результаты секвенирования • Сравнивать различные методы секвенирования • Объяснять значение секвенирования для современной науки
8. Методы исследования белков	• Обзор методов исследования белков (электрофорез, хроматография, иммунохимические методы) • Принципы выделения и очистки белков • Определение структуры и функции белков • Связь с изученными ранее темами о структуре и функциях белков • Значение исследования белков для медицины и биотехнологии	• Качественные реакции на белки • Анализ электрофореграмм белков • Игра "Протеомный пазл" - соотнесение белков с их функциями • Мини-проект "Инженерия белка" - моделирование изменений в структуре белка и прогнозирование их последствий	• Различать основные методы исследования белков • Проводить простые качественные реакции на белки • Интерпретировать результаты электрофореза белков • Предлагать методы исследования для решения конкретных задач, связанных с белками
9. Интеграция методов и подготовка к НТО	• Комплексное применение методов молекулярной биологии	• Решение комплексных задач на применение разных методов	• Выбирать подходящие методы для решения

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	• Стратегии решения задач, требующих применения нескольких методов • Обзор типов заданий НТО, связанных с методами молекулярной биологии	• Разбор заданий прошлых лет НТО • Командная игра "Молекулярный квест" - решение цепочки задач с применением разных методов	конкретных задач • Интегрировать знания из разных разделов молекулярной биологии • Анализировать задания НТО и разрабатывать стратегии их решения

Методические рекомендации для преподавателей **Общие рекомендации по организации обучения**

Структура занятий:

- начинайте каждое занятие с краткого повторения предыдущего материала (5-7 минут);
- разделите занятие на теоретическую часть (30-35 минут) и практическую часть (45-50 минут);
- завершайте занятие рефлексией, где учащиеся сами формулируют основные выводы;
- поддерживайте баланс между теорией и практикой, делая акцент на практических навыках;

Методические приемы для повышения доступности материала

1. Использование аналогий и моделей

- ПЦР как процесс копирования книги (ДНК);
- электрофорез как "сортировка" молекул по размеру (аналогия с ситом разного размера);
- рестрикционные ферменты как "молекулярные ножницы";
- праймеры как "закладки", указывающие место начала копирования.

2. Визуализация процессов

- используйте анимации и видеоролики для демонстрации динамических процессов;
- создавайте схемы на доске совместно с учащимися;
- применяйте цветовое кодирование для обозначения разных компонентов реакций;
- используйте физические модели для демонстрации процессов молекулярной биологии.

3. Интерактивные методы обучения

- применяйте методику "подумай-обсуди-поделись" для осмысления сложных концепций;
- используйте элементы геймификации для повышения мотивации;
- организуйте взаимное обучение (ученики объясняют друг другу изученный материал);

- проводите мини-соревнования по выполнению лабораторных протоколов.

Рекомендации по проведению лабораторных работ

1. Общие принципы:

- Выделяйте достаточно времени на инструктаж и объяснение техники безопасности.
- Разделите участников на малые группы (2-3 человека) для выполнения лабораторных работ.
- Предоставьте подробные протоколы с пошаговыми инструкциями.
- Демонстрируйте каждую операцию перед ее выполнением учащимися
- Выделяйте время на обсуждение результатов и формулирование выводов.

2. Ключевые лабораторные работы модуля

1) Выделение ДНК из растительного материала

Материалы: Свежие фрукты (бананы или клубника), жидкое моющее средство, поваренная соль, холодный этиловый спирт, фильтры, стаканчики.

Подготовка преподавателя:

- заранее проверьте методику на выбранном растительном материале;
- подготовьте все реактивы и материалы в нужных количествах;
- охладите спирт за несколько часов до занятия;
- распечатайте подробные протоколы для каждой группы.

Основные методические моменты:

- объясните роль каждого компонента: моющее средство разрушает мембраны, соль нейтрализует заряд ДНК, спирт осаждает ДНК;
- акцентируйте внимание на критических этапах (фильтрация, осторожное наслаивание спирта);
- обсудите, почему количество выделенной ДНК может отличаться у разных групп;
- организуйте обсуждение результатов и их документирование в лабораторных журналах.

2) Электрофорез ДНК

Материалы: Готовые образцы ДНК или модельные растворы, агарозный гель, электрофоретическая камера, буферный раствор, краситель.

Подготовка преподавателя:

- заранее приготовьте агарозный гель;
- Проверьте работоспособность электрофоретической камеры;
- подготовьте образцы ДНК подходящей концентрации;
- если нет возможности провести настоящий электрофорез, подготовьте видеоматериалы и имитационные модели.

Основные методические моменты:

- объясните принцип разделения молекул в электрическом поле;
- продемонстрируйте правильную технику нанесения образцов;
- обсудите, как интерпретировать полученные результаты;
- свяжите метод с практическим применением в диагностике и исследованиях.

3) Полимеразная цепная реакция (ПЦР)

Материалы: Если есть возможность - ПЦР-амплификатор и реактивы; если нет - модельные материалы для имитации процесса.

Подготовка преподавателя:

- подготовьте наглядные схемы всех этапов ПЦР;
- создайте набор карточек разных цветов для моделирования процесса;
- распечатайте рабочие листы для записи результатов.

Основные методические моменты:

- разбейте процесс ПЦР на четкие этапы: денатурация, отжиг праймеров, элонгация;
- используйте температурный график для иллюстрации изменений температуры;
- попросите учащихся рассчитать, сколько копий ДНК получится после определенного числа циклов;
- обсудите практическое применение ПЦР в диагностике, криминалистике, научных исследованиях.

Специфические рекомендации по темам

1. Введение в методы молекулярной биологии

- начните с обзора исторических методов и их эволюции до современных технологий;
- подчеркните важность методов для развития биологии и медицины;
- приведите яркие примеры открытий, сделанных благодаря этим методам;
- создайте интерактивную временную шкалу развития методов молекулярной биологии.

2. Выделение ДНК

- объясните, почему нужно разрушать клеточные структуры для выделения ДНК;
- сравните методы выделения ДНК из разных источников (растения, животные, бактерии);
- обсудите проблемы чистоты и фрагментации выделенной ДНК;
- свяжите качество выделенной ДНК с успешностью последующих методов анализа;

3. Полимеразная цепная реакция

- уделите особое внимание объяснению роли каждого компонента реакционной смеси;
- объясните, как подбираются праймеры для амплификации целевого фрагмента;
- подчеркните важность контролей (положительного и отрицательного) в ПЦР;
- обсудите различные модификации ПЦР и их применение.

4. Электрофорез

- начните с демонстрации простого опыта разделения красителей на фильтровальной бумаге;

- объясните зависимость скорости движения молекул от их размера и заряда;
- покажите, как интерпретировать электрофореграммы;
- обсудите разные типы электрофореза (ДНК, белки) и их особенности.

5. Методы исследования белков

- сравните различные методы (осаждение, хроматография, электрофорез);
- объясните принципы иммунохимических методов анализа;
- продемонстрируйте, как выбрать подходящий метод для конкретной задачи;
- обсудите значение исследования белков для понимания клеточных процессов.

Межпредметные связи

1. С биологией:

- объясните, как методы молекулярной биологии помогают изучать эволюцию и филогению;
- покажите применение ПЦР для диагностики инфекционных заболеваний;
- обсудите роль молекулярных методов в изучении наследственных заболеваний.

2. С химией:

- обсудите химические принципы, лежащие в основе выделения ДНК;
- объясните роль буферных растворов в молекулярно-биологических методах;
- покажите, как химические свойства молекул используются в хроматографии.

3. С физикой:

- объясните физические принципы электрофореза;
- обсудите оптические принципы методов визуализации биомолекул;
- покажите, как термодинамические принципы используются в ПЦР.

Методическая карта модуля "Введение в геномное редактирование" (14 часов)

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. История открытия методов геномного редактирования	• Эволюция методов работы с генетическим материалом • Ключевые научные открытия • Технологии-предшественники: мегануклеазы, ZFN, TALEN • Сравнительная	• Составление хронологической ленты времени "История геномного редактирования" • Групповое обсуждение: "Как изменились возможности ученых с появлением технологий"	• Описывать основные вехи в истории развития технологий геномного редактирования • Объяснять отличия между различными подходами к редактированию генома • Приводить примеры

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	характеристика методов редактирования	геномного редактирования?" • Анализ видеоматериалов о применении геномного редактирования	практического применения технологий геномного редактирования • Сравнивать возможности и ограничения различных методов редактирования генома
2. Системы рестрикции-модификации у бактерий	• Природные системы защиты бактерий от чужеродной ДНК • Рестрикционные ферменты и их типы • Модификация ДНК как защитный механизм • Сайты рестрикции • Эволюционное значение систем рестрикции-модификации	• Моделирование работы рестрикционных ферментов • Решение задач на определение сайтов рестрикции в последовательностях ДНК • Составление схемы "Системы защиты бактерий от чужеродной ДНК"	• 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	• История открытия CRISPR-последовательностей • Строение CRISPR-кассеты • Механизм адаптивного иммунитета бактерий • Этапы работы CRISPR/Cas: адаптация, экспрессия, интерференция • Типы систем CRISPR/Cas	• Составление схемы работы CRISPR/Cas как иммунной системы бактерий • Анализ структуры CRISPR-кассеты на конкретных примерах • Ролевая игра "Иммунная память бактерий"	• Описывать строение CRISPR-кассеты • Объяснять механизм защиты бактерий от вирусов с помощью CRISPR/Cas • Различать разные типы систем CRISPR/Cas • Объяснять, как природный механизм был адаптирован для технологий геномного редактирования
4. Основные компоненты системы CRISPR/Cas9	• Белок Cas9: структура и функции • гРНК: структура и роль в наведении • PAM-последовательность и ее значение • Механизм	• Создание модели комплекса Cas9-гРНК • Практическая работа: определение PAM-последовательностей в заданных фрагментах ДНК	• Описывать структуру и функции основных компонентов системы CRISPR/Cas9 • Объяснять роль PAM-последовательности в работе системы • Моделировать

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	- узнавания и разрезания ДНК-мишени • Специфичность системы CRISPR/Cas9	• Моделирование работы системы CRISPR/Cas9	- процесс распознавания и разрезания ДНК-мишени • Предсказывать результаты взаимодействия комплекса Cas9-гРНК с различными последовательностями ДНК
5. Механизмы репарации двуцепочечных разрывов ДНК	• Типы повреждений ДНК • Негомологичное соединение концов (NHEJ) • Гомологичная рекомбинация (HDR) • Микрогомология-опосредованное соединение концов (MMEJ) • Влияние механизма репарации на результат редактирования	• Моделирование процессов репарации • Составление сравнительной таблицы механизмов репарации ДНК • Решение задач на предсказание результатов репарации при разных условиях	• 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	• Стратегии редактирования: нокаут генов, точечные мутации, вставка фрагментов • Принципы дизайна гРНК • Способы доставки компонентов системы в клетку • Оценка эффективности редактирования • Области применения CRISPR/Cas9	• Дизайн гРНК для редактирования модельного гена • Анализ кейсов успешного применения CRISPR/Cas9 • Мини-проект "Моя идея применения CRISPR/Cas9"	• Описывать различные стратегии редактирования генома с помощью CRISPR/Cas9 • Объяснять принципы дизайна гРНК • Предлагать способы решения практических задач с помощью CRISPR/Cas9 • Оценивать потенциальные результаты редактирования
7. Другие системы редактирования генома	• Системы CRISPR/Cas12, CRISPR/Cas13 • Базовые редакторы • Прайм-редакторы • Сравнение эффективности и специфичности различных систем	• Составление сравнительной таблицы систем геномного редактирования • Дискуссия "Какие технологии будут развиваться в будущем?"	• Различать разные системы редактирования генома • Объяснять преимущества и недостатки различных систем • Выбирать

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	Перспективы развития технологий геномного редактирования	Выбор оптимальной системы редактирования для разных задач	оптимальную систему для решения конкретных задач Прогнозировать направления развития технологий геномного редактирования
8. Этические аспекты геномного редактирования	- Риски технологий геномного редактирования - Регулирование исследований - Этические дилеммы: соматическое vs зародышевое редактирование - Социальные и экономические последствия внедрения технологий - Международные нормы и этические кодексы	- Дебаты "За" и "против" редактирования зародышевой линии - Анализ этических кодексов в области геномного редактирования - Ролевая игра "Комитет по биоэтике" - Написание эссе "Моя этическая позиция"	- 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	- Типы заданий НТО, связанные с геномным редактированием - Дизайн гРНК - Анализ результатов редактирования - Комплексные задачи на применение CRISPR/Cas - Стратегии решения задач НТО	- Решение заданий из прошлых олимпиад - Групповая работа над комплексными задачами - Соревнование команд по решению задач на время	- Распознавать типы заданий, связанных с геномным редактированием - Применять изученные концепции для решения задач - Анализировать и интерпретировать результаты экспериментов по геномному редактированию

Методические рекомендации для преподавателей

Общие рекомендации по организации обучения

1. Структура занятий

- Начинайте каждое занятие с краткого повторения предыдущего материала и связи с новой темой (5-7 минут).
- Разделите занятие на теоретическую часть (30-35 минут) и практическую часть (45-50 минут).
- 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 непрошенных гостей.
- **Паспортный контроль.** Рестриктазы как пограничники, которые проверяют "паспорта" (последовательности ДНК) и пропускают только "граждан" (метилованную 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.** gRNA как GPS-навигатор, который направляет "молекулярные ножницы" (белок Cas9) к нужному месту в геноме.
- **Замок и ключ.** PAM-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 "огрехи" (вставки или делеции);
- HDR — "тщательная бригада", которая использует шаблон для точного восстановления, но работает медленно и только в определенное время.
- **Починка 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 "Биотехнологии в повседневной жизни"
(12 часов)

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
1. Введение в биотехнологии	• Определение биотехнологии и её области применения • Историческое развитие биотехнологий • Основные направления современных биотехнологий • Междисциплинарный характер биотехнологий • Связь биотехнологий с геномным редактированием	• Составление ментальной карты "Биотехнологии в современном мире" • Групповое обсуждение: "Где мы встречаемся с биотехнологиями в повседневной жизни?" • Анализ конкретных примеров биотехнологических продуктов • Составление таблицы связей биотехнологий с ранее изученными темами	• Формулировать определение биотехнологии • Выделять основные направления современных биотехнологий • Приводить примеры применения биотехнологий в различных сферах • Объяснять связь биотехнологий с ранее изученными темами
2. Микроорганизмы в биотехнологиях	• Разнообразие микроорганизмов, используемых в биотехнологиях • Бактерии, дрожжи и плесневые грибы как основа	• Лабораторная работа: "Микроскопическое исследование микроорганизмов брожения" • Сравнительный	• Распознавать основные группы микроорганизмов, используемых в биотехнологиях • Объяснять принципы

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	биотехнологических процессов • Метаболические пути микроорганизмов • Генетически модифицированные микроорганизмы	анализ различных групп микроорганизмов и их биотехнологического применения • Составление схемы метаболических путей микроорганизмов	использования микроорганизмов в биотехнологических процессах • Анализировать метаболические особенности различных микроорганизмов
3. Ферменты в биотехнологиях	• Ферменты как биологические катализаторы • Промышленное производство ферментов • Имобилизованные ферменты • Использование ферментов в различных отраслях • Ферментативная инженерия	• Решение задач на определение оптимальных условий для ферментативных реакций • Составление таблицы "Промышленные ферменты и их применение"	• Объяснять принципы работы ферментов в биотехнологических процессах • Анализировать влияние различных факторов на активность ферментов • Приводить примеры применения ферментов в промышленности • Описывать методы получения и модификации ферментов
4. Пищевые биотехнологии	• Традиционные процессы ферментации • Современные пищевые биотехнологии • Пищевые добавки биотехнологического происхождения • Генетически модифицированные продукты питания • Методы анализа состава и качества продуктов	• Лабораторная работа: "Изучение молочнокислого брожения и получение йогурта" • Мини-исследование: "Сравнение состава традиционных и биотехнологических пищевых продуктов" • Дискуссия о преимуществах и рисках ГМО в пищевой промышленности	• Описывать основные процессы пищевых биотехнологий • Различать традиционные и современные биотехнологические подходы • Анализировать состав и происхождение пищевых продуктов • Формулировать аргументированную позицию по вопросам безопасности биотехнологических продуктов
5. Медицинские биотехнологии	• Производство лекарственных	• Анализ кейса: "Разработка	• Объяснять принципы

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
	препаратов • Рекомбинантные белки в медицине • Моноклональные антитела • Вакцины нового поколения • Генная терапия • Клеточные технологии и тканевая инженерия	рекомбинантного инсулина" • Практическая работа: "Моделирование создания рекомбинантного белка с использованием методов геномного редактирования" • Создание инфографики "От гена к лекарству"	получения биотехнологических лекарственных препаратов • Описывать процесс создания рекомбинантных белков • Анализировать преимущества биотехнологических лекарств • Объяснять роль геномного редактирования в развитии медицинских биотехнологий
6. ДНК-технологии в криминалистике и археологии	• Генетическая дактилоскопия • Методы анализа ДНК в криминалистике • Работа с древней ДНК • Генетическая генеалогия • Этические аспекты использования ДНК-данных	• Практическая работа: "Моделирование ПЦР-анализа для идентификации личности" • Решение криминалистического кейса с использованием данных ДНК-анализа • Дискуссия об этических аспектах сбора и хранения генетической информации	• Объяснять принципы ДНК-идентификации • Описывать методы анализа ДНК, используемые в криминалистике • Анализировать результаты ДНК-тестирования • Формулировать этические принципы работы с генетическими данными
7. Промышленные и экологические биотехнологии	• Биотехнологические процессы в промышленности • Биотопливо и альтернативные источники энергии • Биопластики и биоразлагаемые материалы • Биоремедиация и очистка окружающей среды • Биосенсоры для мониторинга загрязнений	• Практическая работа: "Исследование биоразлагаемых материалов и их свойств" • Проектное задание: "Разработка концепции биотехнологического решения экологической проблемы"	• Объяснять принципы биотехнологических процессов в промышленности • Анализировать преимущества и ограничения биотоплива и биоматериалов • Описывать методы биоремедиации различных загрязнений • Разрабатывать концепции

Тема занятия	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения
			биотехнологических решений экологических проблем
8. Биотехнологии в сельском хозяйстве	• Селекция с использованием молекулярных маркеров • Культура клеток и тканей растений • Генетически модифицированные сельскохозяйственные культуры • Биологические методы защиты растений • Микроклональное размножение растений	• Анализ преимуществ и рисков внедрения ГМО-культур • Создание модели рационального использования биотехнологий в сельском хозяйстве	• Объяснять принципы современных методов селекции растений • Описывать технологии создания трансгенных растений • Анализировать преимущества и риски использования ГМО в сельском хозяйстве • Предлагать стратегии рационального использования биотехнологий
9. Биотехнологии и инновации: перспективы развития и вызовы НТО	• Передовые направления в биотехнологиях • Биохакинг и гражданская наука • Стартапы в области биотехнологий • Обзор типов заданий НТО, связанных с биотехнологиями • Стратегии решения биотехнологических задач	• Практикум по решению задач НТО прошлых лет • Групповая работа над мини-проектом биотехнологического решения • Презентация концепций инновационных биотехнологических продуктов	• Анализировать современные тренды в развитии биотехнологий • Разрабатывать концепции инновационных биотехнологических решений • Применять знания из различных модулей для решения комплексных задач • Использовать стратегии решения заданий НТО в области биотехнологий

Методические рекомендации для преподавателей

Структура занятий

- начинайте каждое занятие с активизации имеющихся знаний о биотехнологиях (5-7 минут);

- разделите занятие на теоретическую часть (25-30 минут) и практическую часть (50-55 минут);
- завершайте занятие рефлексией и обсуждением практического значения изученного материала;
- делайте акцент на связи биотехнологий с повседневной жизнью учащихся.

Мотивационные стратегии

Связь с повседневной жизнью

- начинайте изучение тем с примеров биотехнологических продуктов, с которыми учащиеся встречаются ежедневно;
- используйте актуальные новости из области биотехнологий;
- организуйте "охоту за биотехнологиями" в магазинах (учащиеся фотографируют и анализируют продукты).

Практическая значимость

- подчеркивайте, как изучаемые концепции применяются в реальных биотехнологических производствах;
- приводите примеры профессий, связанных с биотехнологиями;
- рассказывайте истории успеха биотехнологических стартапов.

Визуализация процессов

- используйте видеоматериалы о производственных процессах в биотехнологии;
- создавайте инфографику, отражающую связь между научными принципами и конечными продуктами.

Подготовка к решению задач НТО

1. Анализ типов заданий:

- ознакомьте учащихся с форматом заданий НТО по биотехнологиям;
- разберите примеры заданий из прошлых лет;
- выделите ключевые навыки, необходимые для успешного решения заданий.

2. Развитие необходимых компетенций:

- тренируйте навыки анализа и интерпретации экспериментальных данных;
- развивайте умение планировать биотехнологические эксперименты;
- обучайте критическому анализу научной информации.

Рекомендации по проведению ключевых лабораторных работ

Лабораторная работа "Микроскопическое исследование микроорганизмов брожения"

Материалы и оборудование:

- Микроскопы;
- предметные и покровные стекла;
- готовые микропрепараты дрожжей и молочнокислых бактерий;
- образцы кисломолочных продуктов (йогурт, кефир);
- красители (метиленовый синий);
- пипетки, препаровальные иглы.

Методические рекомендации

- свяжите эту работу с ранее изученными темами микроскопии из модуля "Методы исследования";
- обратите внимание на разнообразие форм микроорганизмов и их связь с функцией;
- используйте аналогию "микробных фабрик" для объяснения роли микроорганизмов в биотехнологиях;
- обсудите, как методы генетической модификации позволяют улучшать свойства микроорганизмов.

Лабораторная работа "Изучение молочнокислого брожения и получение йогурта"

Материалы и оборудование

- молоко (пастеризованное);
- закваска (йогурт с живыми культурами или специальная закваска)
- стерильные контейнеры;
- термостат или теплое место с поддержанием температуры (40-45°C);
- pH-метр или лакмусовая бумага;
- термометр.

Методические рекомендации

- обсудите роль различных стадий процесса (пастеризация, инкубация, охлаждение);
- объясните биохимические процессы, происходящие при молочнокислом брожении;
- свяжите процесс с изученными ранее темами о метаболизме из модуля "Основы молекулярной биологии";
- обсудите, как контроль условий влияет на качество конечного продукта;
- предложите сравнить полученный йогурт с промышленными образцами.

Связь с ранее изученными модулями и НТО

Связь с модулем "Основы молекулярной биологии"

- опирайтесь на знания о структуре и функциях биомолекул при изучении биотехнологических процессов;
- используйте понимание принципов репликации, транскрипции и трансляции при обсуждении создания рекомбинантных белков;
- обсуждайте, как структура белков определяет их функциональные свойства в биотехнологиях.

Связь с модулем "Основы генетики"

- вспомните принципы наследования признаков при обсуждении селекции организмов для биотехнологий;
- обсудите, как генетическое разнообразие используется в биотехнологиях;
- покажите, как генетические маркеры помогают в отборе организмов с нужными свойствами.

Связь с модулем "Методы исследования в молекулярной биологии"

- обсудите, как методы выделения и анализа ДНК применяются в биотехнологиях;

- покажите роль ПЦР в различных биотехнологических процессах;
- объясните, как электрофорез используется для контроля качества биотехнологических продуктов.

Связь с модулем "Введение в геномное редактирование"

- обсудите, как технологии геномного редактирования революционизируют биотехнологии;
- покажите примеры коммерческих продуктов, созданных с использованием CRISPR/Cas;
- объясните преимущества направленного редактирования генома перед традиционной селекцией.

План организации и проведения модуля "Конференция кружков НТО" (4 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

1. 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

	Активность	Описание	Необходимые ресурсы
	Пленарный доклад приглашенного эксперта	Выступление специалиста в области геномного редактирования или биотехнологий о современных тенденциях и перспективах развития отрасли	Презентация эксперта
	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.