

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

СОГЛАСОВАНО
Руководитель РМЦ ДОД
Е.С. Титаренко
« 02 » 03 20 26 г.



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по развитию
В.А. Безуевская
« 02 » 03 20 26 г.



**Региональная сетевая
дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
«Геномное редактирование»
(1 год обучения)**

Направленность: естественно-научная
Уровень освоения программы: базовый
Возраст учащихся: 14-16 лет (9-10 классы)
Срок реализации: 1 год
Объем 220 академических часов

г. Сургут, 2026 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 СурГУ;

Сарапульцева Екатерина Сергеевна, ассистент кафедры биологии и биотехнологии СурГУ;

Проворова Олеся Владимировна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики СурГУ;

Волохова Марина Анатольевна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики СурГУ.

Согласовано:

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

Е.С. Титаренко

1. Пояснительная записка

1.1. Актуальность программы

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

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

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

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

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

1.2. Цель программы

Создание условий для 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.

1.3. Отличительные особенности программы

1. **Адаптация передовых научных методов для школьного уровня** – программа делает доступными для учащихся 9-10 классов современные технологии и методы, которые обычно изучаются только в вузах или применяются в научно-исследовательских лабораториях (ПЦР, электрофорез, секвенирование, CRISPR/Cas системы). Сложные научные концепции адаптированы через понятные аналогии, визуализацию и пошаговые инструкции.

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

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

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

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

6. **Целенаправленная подготовка к Национальной технологической олимпиаде** – программа специально разработана для подготовки учащихся к профилю «Геномное редактирование» НТО, при этом не сводится к «натаскиванию», а формирует фундаментальное понимание принципов и методов геномного редактирования.

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

1.4. Адресат программы

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

Программа разработана для обучающихся в возрасте 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.

1.5. Срок освоения программы и ее объем

Программа рассчитана на 220 академических часов на протяжении одного учебного года. Из них – 144 часа реализуются на базе кружка в учреждении среднего общего или дополнительного образования, 40 часов – на базе Сургутского государственного университета (для участников, прошедших конкурсный отбор и ориентированных на участие в профиле «Геномное редактирование» Национальной технологической олимпиады) и 36 часов – онлайн, на платформе «Таланты-2030».

При необходимости педагог-наставник кружка может разработать 2 отдельные рабочие программы на 1 и 2 полугодие по 72 часа. Рекомендуемые названия программ: «Молекулярные основы наследственности: от строения клетки к генам» (для 1-го полугодия), «Экспериментальная молекулярная биология: методы ДНК-анализа и введение в геномное редактирование» (для 2-го полугодия).

1.6. Форма и режим занятий

Занятия проводятся:

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

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

Формы организации образовательного процесса предполагают проведение коллективных занятий (15-25 человек), малыми группами (4-6 человек) и индивидуально в формате консультаций при подготовке к участию в НТО.

1.7. Уровень освоения программы: базовый.

1.8. Планируемые результаты

Предметные результаты обучения 1-го года обучения

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*).

Метапредметные результаты 1-го года обучения

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-го года обучения

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.

Исследовательская позиция

- Проявлять внимательность и аккуратность при проведении экспериментов.
- Задавать вопросы, направленные на углубление понимания молекулярно-биологических процессов.

Самоопределение

- Описывать свои образовательные 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.

1.9. 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. Структура, содержание и график реализации программы

2.1. Учебный план базового кружка «Геномное редактирование», 1 год обучения (144 академических часа)

N п/п	Название модуля	Теория	Практика	Всего	Формы контроля
	Раздел 1. «Молекулярные основы наследственности - от строения клетки к генам»			72	
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой	2	8	10	Регистрация на сайте НТО, ментальная карта профиля
2	Модуль «Клетка»	4	10	14	Лабораторный журнал, тестирование

3	Модуль «Основы химии для биологов»	6	14	20	Решение расчетных задач, лабораторные работы
4	Модуль «Основы молекулярной биологии»	4	8	12	Выделение ДНК из фруктов, лабораторный отчет
5	Модуль «Программирование на Python (начальный уровень)»	5	11	16	Скрипт подсчета нуклеотидов, практические задания
	Раздел 2. «Методы молекулярной биологии и генетика»			72	
6	Олимпиада НТО (разбор заданий отборочного этапа)	2	6	8	Решение задач отборочного этапа, тестирование
7	Модуль «Основы генетики»	7	15	22	Решение генетических задач, тестирование
8	Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии»	5	21	26	Интерпретация электрофореграмм, лабораторные работы
9	Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни»	4	8	12	Мини-эссе, выполнение проекта
10	Конференция кружков НТО	0	4	4	Презентация и защита командного проекта
	ИТОГО за 1 год обучения	39	105	144	

Все занятия имеют комбинированный характер, включающий как теоретическую, так и практическую части. Практикоориентированность программы предполагает, что около 60-75% времени каждого занятия отводится на выполнение практических заданий (лабораторные работы, решение задач, написание программ, выполнение проектов). Используется технология перевернутого класса: теоретический материал изучается обучающимися самостоятельно по конспектам на платформе до начала занятия. Рекомендуемая структура занятия: 10% – входная проверка (тест/опрос по конспекту), 20-25% – разбор сложных вопросов и демонстрации, 50-55% – практическая часть (лабораторные работы, решение задач НТО, программирование), 10-15% – обсуждение результатов и рефлексия.

2.2. Региональный компонент программы (вариативные модули)

1 года обучения

№ п/п	Название модуля	Теория	Практика	Всего	Формы контроля
1	Модуль «Образовательный интенсив: подготовка ко 2 этапу НТО» (университет) ¹	5	35	40	Решение олимпиадных заданий второго тура НТО
2	Модуль «Подготовки ко 2 этапу НТО» (онлайн)	12	24 (СР)	36	Решение олимпиадных заданий второго тура НТО
Итого		17	59	76	

2.3. Календарный учебный график базового кружка «Геномное редактирование» 1 год обучения на 2026-2027 уч. г.

№	Модуль	Часы	Период реализации 2026-2027 уч. г.
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой.	10	08.09.26 – 22.09.26
2	Модуль «Клетка»	14	22.09.26 – 13.10.26
3	Модуль «Основы химии для биологов»	20	20.10.26 – 17.11.26
4	Модуль «Введение в молекулярную биологию»	12	24.11.26 – 08.12.26
5	Модуль «Программирование на Python» (начальный уровень)	16	15.12.26 – 12.01.27
6	Олимпиада НТО профиль «Геномное редактирование»	8	19.01.27 – 26.01.27
7	Модуль «Основы генетики»	22	02.02.27 – 16.03.27
8	Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии»	26	16.03.27 – 27.04.27
9	Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни»	12	04.05.27 – 18.05.27
10	Конференция кружков НТО	4	25.05.2027
ИТОГО		144	

2.4. Календарный учебный график вариативных модулей (региональный компонент) 1 года обучения на 2026-2027 уч. г.

№	Модуль	Часы	Период реализации 2026-2027 уч. г.
1	Модуль «Образовательный интенсив: подготовка ко 2 этапу НТО» (университет)	40	26.10.2026-30.10.2026
2	Модуль «Подготовки ко 2 этапу НТО» (онлайн)	36	ноябрь-декабрь 2026

¹ Состав участников интенсива определяется на основании результатов отбора (рейтинга)

ИТОГО	76
-------	----

3. Организационно-педагогические условия реализации программы

3.1. Материально-техническое обеспечение

- Лаборатория «Микроскопия».
- Лаборатория «Молекулярная биология».
- Лаборатория «Физиология растений».
- Компьютерный класс.

3.2. Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Модули
1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	КЛ, МБ, БИО
2	Микроскоп биологический с цифровой камерой	1 шт.	КЛ, МБ, БИО
3	Набор готовых микропрепаратов	2 набора	КЛ
4	Камера Горяева	2 шт.	КЛ
5	рН-метр портативный	4 шт.	ХИМ
6	Индикаторная бумага универсальная	10 упак.	ХИМ
7	Весы лабораторные	2 шт.	ХИМ, МБ, МЕТ
8	Магнитная мешалка с подогревом	2 шт.	ХИМ
9	Баня водяная	1 шт.	ХИМ, МБ
10	Термоциклер (амплификатор) для ПЦР	1 шт.	МЕТ
11	Камера для горизонтального электрофореза	1 шт.	МЕТ
12	Источник питания для электрофореза	1 шт.	МЕТ
13	Трансillюминатор светодиодный (синий свет)	1 шт.	МЕТ
14	Центрифуга-вортекс настольная	1 шт.	МБ, МЕТ
15	Дозатор механический 2–20 мкл	4 шт.	МЕТ
16	Дозатор механический 20–200 мкл	5 шт.	ХИМ, МБ, МЕТ
17	Дозатор механический 100–1000 мкл	5 шт.	ХИМ, МБ, МЕТ
18	Холодильник с морозильной камерой	1 шт.	МЕТ
19	Микроволновая печь	1 шт.	МЕТ
20	Термостат или сушильный шкаф	1 шт.	МБ, МЕТ
21	Компьютер или ноутбук	15 шт.	РУ, НТО, ОЛ, КОНФ
22	Проектор мультимедийный	1 шт.	РУ, ГЕН, НТО, КОНФ
23	Принтер	1 шт.	НТО, ОЛ, КОНФ
24	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	ГЕН, НТО
25	Вытяжной шкаф	1 шт.	ХИМ, МБ
26	Термостат или йогуртница	1 шт.	БИО

Инфраструктурный лист и расходные материалы для реализации программы базового кружка размещены в Приложении 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.
- Методические карты модулей и рекомендации по проведению занятий.
- «Геномное редактирование», 1-й год обучения (Приложение 1).

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-istoricheskaja?ysclid=I6d9rebws9167381293> (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-nukleinovyykh-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 Шевалы 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»**



**Рабочая программа «Геномное редактирование»
1 год обучения**

Возраст обучающихся: 14-16 лет

Срок реализации: 1 год

Объем: 144 академических часа

г. Сургут, 2026 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, Сургутский государственный университет;

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

Сарапульцева Екатерина Сергеевна, ассистент кафедры биологии и биотехнологии Сургутский государственный университет;

Проворова Олеся Владимировна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики Сургутский государственный университет;

Волохова Марина Анатольевна, старший преподаватель кафедры экологии и биофизики Сургутский государственный университет.

Согласовано:

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

Е.С. Титаренко

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

Планируемые результаты обучения

Предметные/Обучающие:

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).

Метапредметные/Развивающие:

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/Воспитательные:

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 образовательные 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.

Периодичность и продолжительность занятий:

занятия проводятся в очном формате 1 раз в неделю по 4 академических часа.

2. Учебный план на 2026-2027 уч. год

№ п/п	Наименование раздела	Количество часов			Формы контроля
		Всего	Теория	Практика	
Раздел 1 «Молекулярные основы наследственности: от строения клетки к генам»		72	21	51	
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной	10	2	8	Регистрация на сайте НТО,

	технологической олимпиадой				ментальная карта профиля
2	Модуль «Клетка»	14	4	10	Лабораторный журнал, тестирование
3	Модуль «Основы химии для биологов»	20	6	14	Решение расчетных задач, лабораторные работы
4	Модуль «Основы молекулярной биологии»	12	4	8	Выделение ДНК из фруктов, лабораторный отчет
5	Модуль «Программирование на Python (начальный уровень)»	16	5	11	Скрипт подсчета нуклеотидов, практические задания
Раздел 2. «Методы молекулярной биологии и генетика»		72	18	54	
6	Олимпиада НТО (разбор заданий отборочного этапа)	8	2	6	Решение задач отборочного этапа, тестирование
7	Модуль «Основы генетики»	22	7	15	Решение генетических задач, тестирование
8	Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии»	26	5	21	Интерпретация электрофореграмм, лабораторные работы
9	Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни»	12	4	8	Мини-эссе, выполнение проекта
10	Конференция кружков НТО	4	0	4	Презентация и защита командного проекта
	Итого:	144	39	105	

3. Календарный учебный график на 2026-2027 уч. год

Год обучения	Дата начала обучения по программе	Дата окончания обучения по программе	Всего учебных недель	Количество учебных часов	Режим занятий*
2026-2027	08.09.2026	25.05.2027	36	144	очно

*занятия 1 раз в неделю по 4 академических часа

4. Календарно-тематическое планирование на 2026-2027 уч. год

№	Дата проведения	Наименование лекции	Количество часов		
			Всего	Теория	Практика
1.	08.09.26 – 22.09.26	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой.	10	2	8
2.	22.09.26 – 13.10.26	Модуль «Клетка»	14	4	10
3.	20.10.26 – 17.11.26	Модуль «Основы химии для биологов»	20	6	14
4.	24.11.26– 08.12.26	Модуль «Основы молекулярной биологии»	12	4	8
5.	15.12.26 – 12.01.27	Модуль «Программирование на Python» (начальный уровень)	16	5	11
6.	19.01.27 – 26.01.27	Олимпиада НТО профиль «Геномное редактирование»	8	2	6
7.	02.02.27– 16.03.27	Модуль «Основы генетики»	22	7	15
8.	16.03.27 – 27.04.27	Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии»	26	5	21
9.	04.05.27 – 18.05.27	Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни»	12	4	8
10.	25.05.2027	Конференция кружков НТО	4	0	4
Итого:			144	39	105

5. Содержание программы

Методические карты модулей и рекомендации по проведению занятий «Геномное редактирование», 1-й год обучения (Приложение 1).

Раздел 1. Молекулярные основы наследственности – от строения клетки к генам

Модуль «Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой»

- Тема «Профиль «Геномное редактирование». Введение в НТО. Структура олимпиады: отборочные этапы (индивидуальный + командный), заключительный этап. Обзор ключевых понятий: ДНК, ген, геном, CRISPR. Просмотр видеоурока НТО. Составление ментальной карты.
- Тема «Научный метод. Эксперимент и обработка данных». Этапы научного метода: наблюдение, гипотеза, эксперимент, анализ данных, вывод. Планирование простого эксперимента. Построение графиков и диаграмм. Интерпретация результатов. Источники ошибок.
- Тема «Регистрация на НТО. Разбор заданий прошлых лет (биология)». Инструкция по регистрации на платформе НТО. Структура заданий первого отборочного этапа: предметный тур (биология, химия, информатика) и инженерный тур. Решение 5–7 заданий по биологии прошлых лет.
- Тема «Разбор заданий прошлых лет (химия и инженерный тур)». Решение заданий по химии. Формат инженерного тура: критерии оценки, командная работа. Решение упрощенного задания инженерного тура в группах. Обсуждение стратегии распределения времени.
- Тема «Повторение биологии. Входная диагностика». Повторение школьной биологии: клетка (7 класс), ткани, органы (8 класс). Мини-тест по ботанике и зоологии. Обзор программы кружка. Постановка индивидуальных целей на год.

Модуль «Клетка»

- Тема «Клетка как единица живого». Клеточная теория (Шлейден, Шванн, Вирхов). Прокариоты и эукариоты – основные отличия. Клетка как объект геномного редактирования.
- Тема «Микроскопия и визуализация клеток». Устройство светового микроскопа, правила работы. Рассмотрение готовых микропрепаратов растительных и животных клеток. Связь с финалом НТО (трансформация клеток плазмидой).
- Тема «Основы микроскопической техники и лабораторный журнал». Изготовление временных микропрепаратов (срез лука, элодея). Окрашивание. Ведение лабораторного журнала.
- Тема «Органоиды эукариотической клетки». Мембранные (ЭПС, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии, хлоропласты) и немембранные (рибосомы, цитоскелет). Функции. Идентификация на микрофотографиях.

- Тема «Клеточное ядро и организация генетического материала». Строение ядра. Хроматин и хромосомы. Уровни упаковки ДНК – от двойной спирали до метафазной хромосомы.
- Тема «Мембранные структуры и транспорт веществ». Жидкостно-мозаичная модель мембраны. Пассивный и активный транспорт. Плазмолиз и деплазмолиз. Электропорация – доставка CRISPR-компонентов в клетку.
- Тема «Взаимодействие клеточных структур». Компартментализация. Путь белка от гена до функции (ядро → рибосома → ЭПС → аппарат Гольджи). Связь с центральной догмой.

Модуль «Основы химии для биологов»

- Тема «Химические элементы, важные для жизни». Биогенные элементы: С, Н, О, N, P, S. Их роль. Органические и неорганические соединения клетки. Обнаружение углерода (обугливание).
- Тема «Строение атома и периодическая система». Атом: протоны, нейтроны, электроны. Атомный номер и масса. Моделирование атомов биогенных элементов.
- Тема «Химические связи и их роль в биомолекулах». Ковалентная (полярная/неполярная), ионная, водородная связи. Значение водородных связей для ДНК и белков.
- Тема «Вода как основа жизни». Строение молекулы воды, полярность. Свойства воды: растворяющая способность, теплоёмкость, поверхностное натяжение. Лабораторное исследование свойств воды.
- Тема «Растворы и их значение для биологических процессов». Растворы и растворимость. Массовая доля. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Биологические растворы (кровь, внутриклеточная среда).
- Тема «Концентрация растворов и приготовление». Массовая доля, молярная концентрация. Формула разведения $C_1V_1 = C_2V_2$. Расчёты для ПЦР, электрофореза, рестрикции. Задача формата НТО.
- Тема «Кислоты и основания, индикаторы». Классификация кислот и оснований. Индикаторы (лакмус, фенолфталеин, метилоранж). Определение среды бытовых растворов.
- Тема «Электролиты и их диссоциация». Электролиты и неэлектролиты. Электролитическая диссоциация. Проводимость растворов. Ионы в клетке и нервные импульсы.
- Тема «рН и его роль в биологических процессах». Водородный показатель, шкала рН. Измерение рН индикаторной бумагой и рН-метром. рН биологических жидкостей. Влияние рН на активность ферментов (рестриктаз).

- Тема «рН и буферные системы». Буферный раствор, буферная ёмкость. Буферы организма (бикарбонатная, фосфатная). Приготовление буфера. Таблица совместимости рестриктаз и буферов. Задача НТО.

Модуль «Основы молекулярной биологии»

- Тема «Введение в молекулярную биологию». Предмет молекулярной биологии. История открытия структуры ДНК (Уотсон, Крик, Франклин). Ключевые молекулы жизни.
- Тема «Биомолекулы. Белки и их структура». Аминокислоты, пептидная связь. Уровни организации белка. Функции белков. Cas9 – белок-фермент.
- Тема «Нуклеиновые кислоты: ДНК». Нуклеотиды. Правило Чаргаффа. Комплементарность. Двойная спираль, антипараллельность (5'→3'). Моделирование ДНК.
- Тема «Нуклеиновые кислоты: РНК». Сравнение ДНК и РНК. Типы РНК: мРНК, тРНК, рРНК. Функции. Урацил вместо тимина. Транскрипция (упрощённо).
- Тема «Практическая работа: выделение ДНК из фруктов». Принцип метода: детергенты, соль, холодный этанол. Выделение ДНК из банана или клубники. Наблюдение «нитей» ДНК.
- Тема «Центральная догма молекулярной биологии». Репликация, транскрипция, трансляция. Генетический код: триплеты, кодоны. Таблица генетического кода. Использование таблицы для перевода ДНК → белок.

Модуль «Программирование на Python для биоинформатики (начальный уровень)»

- Тема «Введение в Python и его применение в биоинформатике». Роль программирования в биологии. Установка Python и Jupyter Notebook. Первая программа. Связь с НТО (Python-блок на финале).
- Тема «Основы синтаксиса и переменные». Типы данных (int, float, str, bool). Переменные. Операции. Представление ДНК как строки.
- Тема «Условные конструкции». Логические операторы, if/elif/else. Проверка нуклеотида на пурин/пиримидин, поиск стартового кодона.
- Тема «Циклы и повторения». Циклы for и while. Подсчёт нуклеотидов в ДНК, вычисление GC-состава.
- Тема «Строки и методы работы с ними». Индексация, срезы. Методы find(), count(), replace(). Транскрипция (Т→У), получение комплементарной цепи, reverse complement.
- Тема «Списки и словари». Списки: операции, методы. Словари. Генетический код как словарь (кодон → аминокислота). Трансляция мРНК.

- Тема «Функции и модульность кода». Создание функций, параметры, return. Библиотека функций для анализа ДНК (подсчёт нуклеотидов, GC-состав, комплементарность).
- Тема «Работа с файлами и формат FASTA». Чтение/запись файлов. Парсинг FASTA. Обработка нескольких последовательностей. Связь с НТО.

Раздел 2. Методы молекулярной биологии и генетика

Модуль «Олимпиада НТО (разбор заданий отборочного этапа)»

- Тема «Разбор заданий отборочного этапа по биологии и химии». Типовые задачи: молекулярная биология (комплементарность, транскрипция, трансляция), генетика (моногибридное и дигибридное скрещивание, родословные). Решение 8–10 заданий.
- Тема «Разбор заданий инженерного тура и биоинформатики». Формат инженерного тура: описание экспериментальной установки, планирование эксперимента. Разбор Python-задач (чтение FASTA, подсчёт GC, поиск мотивов). Командное решение.
- Тема «Стратегия выполнения второго этапа». Анализ типичных ошибок. Распределение времени. Работа с платформой НТО. Пробное тестирование.

Модуль «Основы генетики»

- Тема «Введение в генетику». История, основные термины (ген, аллель, локус, доминантный, рецессивный, гомозигота, гетерозигота). Генетическая символика.
- Тема «Хромосомы и гены». Строение хромосом. Кариотип человека. Аутосомы и половые хромосомы. Кариотипирование.
- Тема «Деление клеток: митоз и мейоз». Фазы, биологическое значение. Сравнение митоза и мейоза. Моделирование мейоза.
- Тема «Законы Менделя: моногибридное скрещивание». Первый и второй законы. Полное доминирование. Запись скрещивания.
- Тема «Решётка Пеннета для моногибридного скрещивания». Построение решётки. Соотношение генотипов и фенотипов. Анализирующее скрещивание.
- Тема «Дигибридное скрещивание. Третий закон Менделя». Определение гамет для дигетерозиготы. Решётка 4×4. Расщепление 9:3:3:1.
- Тема «Решение задач на дигибридное скрещивание». Задачи на определение генотипов родителей, предсказание потомства. Использование решётки Пеннета.
- Тема «Сцепленное наследование генов». Группы сцепления. Наследование, сцепленное с полом (гемофилия, дальтонизм). Анализ родословных.

- Тема «Генотип и фенотип. Мутации». Модификационная изменчивость. Наследственная изменчивость: генные, хромосомные, геномные мутации. Связь с CRISPR (нокаут гена).
- Тема «Практикум по решению генетических задач». Алгоритмы решения задач разных типов. Решение задач формата отборочного этапа НТО (6–8 задач).
- Тема «Итоговое занятие. Генетический квест». Командная игра на станциях: моногибридное, дигибридное, сцепленное наследование, родословные. Разбор заданий НТО.

Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии»

- Тема «Введение в методы молекулярной биологии». Обзор методов: выделение ДНК, ПЦР, электрофорез, рестрикция. Демонстрация оборудования (амплификатор, камера для электрофореза, дозаторы). Связь с финалом НТО.
- Тема «Дозирование». Устройство дозатора. Техника прямого дозирования. Практикум «Радуга» (дозирование окрашенных растворов разных объёмов).
- Тема «Пробоподготовка». Серийные разведения (расчёт, приготовление). Маркировка пробирок. Вortexирование.
- Тема «Выделение ДНК из буккального эпителия». Лизис клеток, осаждение белков, осаждение ДНК этанолом. Микроскопия клеток до и после лизиса.
- Тема «Электрофорез. Принцип разделения ДНК». Заряд ДНК, движение в электрическом поле. Агарозный гель. Маркер молекулярных масс. Определение размера фрагментов по электрофореграмме.
- Тема «Электрофорез. Практикум». Приготовление 1% агарозного геля. Нанесение образцов. Запуск электрофореза. Визуализация на трансиллюминаторе.
- Тема «ПЦР как способ амплификации ДНК». Компоненты ПЦР-смеси. Программа ПЦР (денатурация, отжиг, элонгация). Расчёт числа копий.
- Тема «ПЦР. Практикум». Расчёт мастер-микса (на примере набора «Определение резус-фактора»). Подготовка пробирок на льду. Загрузка амплификатора. Контроли (K+, K-).
- Тема «Анализ результатов ПЦР». Электрофорез ПЦР-продуктов. Интерпретация: наличие/отсутствие полосы, размер продукта. Значение контролей.
- Тема «Рестрикционный анализ». Рестриктазы (EcoRI). Сайты узнавания. Предсказание фрагментов. Постановка рестрикции. Электрофорез продуктов рестрикции.

- Тема «Биоинформатика. Работа в NCBI». База данных NCBI. Поиск гена по названию. Структура записи. Экспорт последовательности в FASTA.
- Тема «Биоинформатика. ORF и BLAST в UGENE». Открытая рамка считывания (ORF). Поиск ORF, трансляция. BLAST – поиск гомологов.
- Тема «Итоговое занятие. Решение задач НТО». Комплексные задачи отборочного этапа, интегрирующие ПЦР, электрофорез, рестрикцию, генотипирование, NCBI и UGENE.

Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни»

- Тема «Введение в биотехнологии». История и области применения. Распределение ролей в команде (исследователь, дизайнер, спикер).
- Тема «Микроорганизмы вокруг нас». Бактерии, дрожжи, плесневые грибы. Стерильность. Посев отпечатков пальцев и поверхностей на чашки Петри.
- Тема «Антибиотики и устойчивость». Механизмы действия. Маркеры устойчивости. Плазмиды. Связь с НТО: маркер устойчивости в плазмидном векторе.
- Тема «Биоэтика технологий». Этические дилеммы (редактирование генома человека, ГМО). Дебаты: «Должно ли быть разрешено редактирование генома человека?». Написание мини-эссе (500 знаков) – подготовка к эссе финала НТО.
- Тема «Командный мини-проект». Выбор темы (биофильтр, йогурт-контроль, генетический паспорт). Сбор данных. Создание постера или инфографики. Подготовка к защите.
- Тема «Защита проектов и рефлексия». Публичная защита (5+3 минуты). Взаимооценивание по критериям. Итоговое тестирование по ключевым понятиям года.

Модуль «Конференция кружков НТО»

- Тема «Открытие и пленарные выступления». Приветствие. Пленарный доклад эксперта. Представление лучших проектов (3–4 проекта). Сессия вопросов.
- Тема «Параллельные секции». Выступления в секциях: «Геномное редактирование и молекулярная биология», «Биотехнологии», «Биоинформатика» (5–7 минут + вопросы). Оценка экспертами.
- Тема «Заккрытие конференции». Итоги секций. Объявление победителей. Подведение итогов года.

6. 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:

4. 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.

5. Решение кейсов из практики геномного редактирования. Анализ реальных примеров применения молекулярно-биологических методов. Групповое обсуждение оптимальных подходов к решению.

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

Итоговый контроль:

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

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

6. Результативность участия на этапах первого, второго, третьего туров олимпиады НТО профиль «Геномное редактирование».

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ КАРТЫ МОДУЛЕЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЗАНЯТИЙ «ГЕНОМНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ» (1-й год обучения)

Организация работы с методическими картами модулей программы «Геномное редактирование»

Методическая карта модуля

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

Структура занятий

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

Содержание занятия

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

Формирующие оценочные мероприятия

Столбец «Формирующие оценочные мероприятия» содержит перечень активностей, которые следует организовать в ходе занятия для проверки усвоения материала и формирования практических навыков. Формирующие оценочные мероприятия подобраны для достижения результатов обучения запланированного уровня. Они 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» 1 год обучения (10 академических часов, 5 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 8-9 класс).

Предварительные требования: общие знания по биологии в объеме программы 7-8 классов (ботаника, зоология).

Ключевой результат обучения: описывать структуру и содержание профиля «Геномное редактирование» НТО, применять научный метод для планирования простых экспериментов и обработки данных, решать задачи отборочного этапа НТО по биологии и химии.

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится практикумам и формирующим оценочным мероприятиям.

Связь с подготовкой к финалу НТО: Модуль формирует понимание формата НТО и мотивацию к участию. Разбор заданий прошлых лет на занятиях 3-5 создаёт ориентир: школьник видит, к чему нужно прийти за 2 года. Научный метод (занятие 2) – основа для всей дальнейшей экспериментальной работы. Входная диагностика (занятие 5) позволяет наставнику адаптировать программу под уровень группы.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Профиль «Геномное редактирование». Урок НТО	Введение в Национальную технологическую олимпиаду. Структура НТО: отборочные	Входной опрос: «Что я знаю о геномном редактировании?» Просмотр видеоурока НТО с	Описывать структуру и основные этапы НТО. Называть ключевые	Проектор, видеоматериалы НТО, компьютерный класс с интернетом (для

	этапы (индивидуальный + командный), заключительный этап. Профиль «Геномное редактирование»: чему научимся за 2 года. Просмотр видеоурока НТО. Обзор ключевых понятий: ДНК, ген, геном, CRISPR (на уровне «слышали»)	обсуждением. Составление ментальной карты «Геномное редактирование: что я знаю / что хочу узнать». Регистрация на сайте НТО (ntcontest.ru)	понятия профиля «Геномное редактирование». Формулировать свои цели участия в кружке	регистрации)
2. Научный метод. Эксперимент и обработка данных	Понятие научного метода и его этапы: наблюдение, гипотеза, эксперимент, анализ данных, вывод. Планирование простого эксперимента. Сбор и систематизация данных. Построение графиков и диаграмм. Интерпретация результатов. Источники ошибок в эксперименте	Практическая работа: «Формулирование научного вопроса и планирование простого эксперимента». Работа с готовыми наборами данных: построение графиков. Анализ примеров интерпретации экспериментальных данных. Самооценка: «Насколько я понимаю научный метод?»	Описывать этапы научного метода. Формулировать научный вопрос и гипотезу. Планировать простой эксперимент для проверки гипотезы. Обработать и визуализировать данные	Проектор, калькулятор, миллиметровая бумага (или компьютер с табличным редактором)
3. Регистрация на НТО. Разбор заданий прошлых лет (часть 1)	Инструкция по регистрации на платформе НТО. Обзор структуры заданий первого отборочного этапа: предметный тур (биология, химия, информатика) и инженерный тур. Разбор заданий по биологии: типы вопросов, уровень	Практическая работа: регистрация на платформе НТО (при наличии доступа). Решение заданий первого отборочного этапа прошлых лет по биологии (индивидуально, 25 мин). Разбор решений в группе. Обсуждение: какие знания нужны? Что	Выполнять регистрацию на платформе НТО. Определять типы заданий и подходы к их решению. Решать задачи отборочного этапа по биологии	Компьютерный класс с интернетом, раздаточные материалы с заданиями прошлых лет

	сложности. Практика: решение 5-7 заданий прошлых лет по биологии	уже знаем из школы?		
4. Разбор заданий прошлых лет (часть 2). Химия и инженерный тур	Разбор заданий по химии: типы вопросов, связь со школьной программой. Инженерный тур: формат, критерии оценки, командная работа. Обзор примера задания инженерного тура (упрощенного). Обсуждение стратегии: как распределить время между предметами?	Решение заданий первого отборочного этапа по химии (индивидуально, 15 мин). Разбор. Командное решение упрощенного задания инженерного тура (в группах по 4, 20 мин). Обсуждение стратегии участия	Решать задачи отборочного этапа по химии. Работать в команде при решении задач инженерного тура. Планировать стратегию распределени я времени на олимпиаде	Компьютерный класс, раздаточные материалы с заданиями
5. Повторение биологии. Входная диагностика знаний	Повторение школьной биологии как фундамента для дальнейшего обучения: клетка (7 класс), ткани, органы (8 класс). Мини-тест по ботанике и зоологии. Обсуждение результатов: какие темы нужно повторить. Обзор программы кружка: что будем изучать в каждом модуле. Постановка индивидуальных целей на год	Мини-тест по ботанике и зоологии (15 мин, 15 вопросов). Разбор результатов. Составление индивидуального плана: «Что мне нужно повторить». Обсуждение: как программа кружка связана с заданиями НТО (возврат к карте навыков из занятия 1)	Оценивать свой текущий уровень знаний по биологии. Определять области для повторения. Формулироват ь индивидуальн ые цели на учебный год	Раздаточные материалы с тестом, программа кружка (для обзора)

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
3	Решение заданий первого отборочного этапа по биологии (5-7 задач прошлых лет)	Практикум (25 мин)	Отборочный этап НТО, прошлые

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
			годы
4	Решение заданий по химии + командное решение задачи инженерного тура	Практикум (35 мин)	Отборочный этап НТО, прошлые годы
5	Входная диагностика: мини-тест по ботанике и зоологии (определение пробелов)	Тест (15 мин)	Школьная программа 7-8 классов

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и обзор	1	2	20%
Научный метод и обработка данных	2	2	20%
Разбор заданий НТО и практика	3, 4	4	40%
Входная диагностика и планирование	5	2	20%

Оборудование и материалы

Оборудование	Занятия	Примечания
Проектор, компьютер	1, 2	
Компьютерный класс с интернетом	3, 4	Для регистрации на НТО
Видеоматериалы НТО	1	С сайта НТО
Раздаточные материалы с заданиями прошлых лет	3, 4	Отборочный этап 8-9 классов
Калькулятор, миллиметровая бумага	2	Для построения графиков
Мини-тест по ботанике и зоологии	5	15 вопросов

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
1	Все последующие модули	Обзор ключевых понятий: ДНК, ген, геном, CRISPR
2	Все лабораторные модули	Научный метод: гипотеза -> эксперимент -> данные -> вывод
3-4	«Основы генетики» (1 год, зан. 10-11)	Задачи НТО по генетике разбираются повторно
5	«Основы химии для биологов» (1 год)	Повторение школьной биологии как фундамента

Подготовка педагога

Подготовить:

- Доступ к видеоуроку НТО по геномному редактированию.
- Доступ к платформе НТО для регистрации.
- Подборку заданий прошлых лет (первый этап, 8-9 класс): биология (7-10 задач), химия (5-7 задач), инженерный тур (1 упрощенное задание).
- Наборы данных для построения графиков (занятие 2).
- Мини-тест по ботанике и зоологии (занятие 5).

Методическая карта модуля «Клетка», 1 год обучения

(14 академических часов, 7 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 8-9 класс).

Предварительные требования: общие знания по биологии в объеме программы 7-8 классов (строение клетки на уровне ботаники и зоологии); модуль «Основы химии для биологов» (1 год) – понятие о полярности молекул, водородных связях, растворах.

Ключевой результат обучения: анализировать структуру и функции компонентов клетки (мембраны, органоиды, ядро) в контексте их роли в хранении и передаче генетической информации и применения в геномном редактировании.

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится практическим работам и формирующим оценочным мероприятиям.

Связь с подготовкой к финалу НТО: Знание клетки необходимо для понимания всех последующих модулей программы. Трансформация бактерий (этап 2 интенсива, 2 год) требует понимания мембранного транспорта (занятие 6). Понятие компартментализации (занятие 7) и биосинтеза белка связано с центральной догмой и клонированием генов. Навыки микроскопии (занятия 2-3) – базовый лабораторный навык.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Клетка как единица живого	История открытия клетки и клеточная теория. Основные положения клеточной теории (Шлейден, Шванн, Вирхов). Методы изучения клетки. Прокариотические и	Тестирование «Основные положения клеточной теории» (5 вопросов). Составление сравнительной таблицы «Прокариоты vs. Эукариоты».	Характеризовать основные положения клеточной теории. Различать прокариотическое и эукариотическое	Проектор, интерактивные ресурсы о клетке

	эукариотические клетки – основные отличия. Клетка как объект геномного редактирования	Обсуждение – почему знание клетки важно для геномного редактирования	е клетки. Называть методы изучения клеток	
2. Микроскопия и визуализация клеток	Устройство светового микроскопа и правила работы. Увеличение. Настройка освещения. Фокусировка. Знакомство с готовыми микропрепаратами. Связь с НТО – на финале работают с клетками, которые трансформируют плазмидой	Практическая работа «Знакомство с микроскопом». Настройка, фокусировка, рассматривание готовых микропрепаратов (растительные и животные клетки). Зарисовка наблюдаемых клеток с подписями	Описывать устройство светового микроскопа. Настраивать микроскоп для работы. Различать растительные и животные клетки под микроскопом	Световые микроскопы (8 шт.), набор готовых микропрепаратов
3. Основы микроскопической техники и лабораторный журнал	Принципы ведения лабораторного журнала. Оформление результатов наблюдений. Изготовление временных микропрепаратов (срез лука, элодея). Окрашивание. Эtiquetирование	Практическая работа «Изготовление временных микропрепаратов» (срез лука, лист элодеи). Окрашивание метиленовым синим. Зарисовка с подписями в лабораторном журнале. Обсуждение правил оформления	Применять правила работы с микроскопом на практике. Изготавливать временные микропрепараты. Вести лабораторный журнал по установленным правилам	Световые микроскопы, предметные и покровные стекла, лук репчатый, элодея, красители, препаровальные иглы
4. Органоиды эукариотической клетки	Мембранные органоиды – эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы, митохондрии,	Составление сравнительной таблицы органоидов и их функций. Работа с электронными	Идентифицировать основные органоиды эукариотической клетки на схемах и	Проектор, электронные микрофотографии клеток (раздаточный материал),

	хлоропласты. Немембранные – рибосомы, цитоскелет. Функции каждого органоида. Связь структуры и функции	микрофотографиями – определение органоида по фотографии. Задание – «Что произойдет, если органоид X перестанет работать?»	микрофотографиях. Описывать функции каждого органоида. Устанавливать связь между структурой и функцией органоида	схемы клетки
5. Клеточное ядро и организация генетического материала	Строение ядра – ядерная оболочка, ядерные поры, хроматин, ядрышко. Хроматин и хромосомы. Эухроматин и гетерохроматин. Уровни упаковки ДНК – от двойной спирали до метафазной хромосомы. Связь с генетикой – хромосомы как носители генов	Анализ микрофотографий клеточного ядра. Моделирование уровней упаковки ДНК (с помощью нитки и катушек). Схема «От ДНК к хромосоме» – расставить уровни упаковки в правильном порядке	Описывать структуру ядра и его компонентов. Различать эухроматин и гетерохроматин. Объяснять уровни упаковки ДНК	Проектор, микрофотографии ядра (раздаточный материал), нитки и катушки для моделирования
6. Мембранные структуры и транспорт веществ	Строение клеточных мембран по жидкостно-мозаичной модели. Транспорт веществ через мембрану – пассивный (диффузия, осмос) и активный. Плазмолиз и деплазмолиз. Связь с геномным редактированием – доставка CRISPR-компонентов через мембрану (электропорация)	Лабораторная работа «Наблюдение плазмолиза и деплазмолиза» в клетках лука (растворы NaCl разных концентраций). Зарисовка наблюдений. Обсуждение – как CRISPR-компоненты попадают внутрь клетки (электропорация разрушает мембрану временно)	Описывать строение клеточной мембраны. Объяснять механизмы пассивного и активного транспорта. Наблюдать и описывать плазмолиз и деплазмолиз. Объяснять принцип электропорации на уровне мембраны	Световые микроскопы, растворы NaCl различных концентраций, лук репчатый, предметные и покровные стекла

7. Взаимодействие клеточных структур	Компартментализация клетки и ее значение. Взаимодействие органоидов в процессах биосинтеза белка (ядро -> рибосома -> ЭПС -> Гольджи) и энергетического обмена. Связь с центральной догмой молекулярной биологии (ДНК -> РНК -> Белок). Итоговое обобщение модуля	Создание схемы взаимодействия органоидов в процессе биосинтеза белка (индивидуально или в парах). Итоговая викторина по всем темам модуля. Задание – «Путь белка от гена до функции» (описать, через какие органоиды проходит белок). Рефлексия модуля	Объяснять принципы компартментализации клетки. Описывать взаимодействие органоидов при биосинтезе белка. Проследить путь информации от ДНК до белка через клеточные структуры	Проектор, видеоматериалы о работе клетки, бумага для схем
---	---	--	---	---

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
6	Объяснение принципа электропорации на уровне мембраны	Обсуждение	Контекст задания НТО 2024-2025 (трансформация)
7	Путь белка от гена до функции (через органоиды)	Схема + обсуждение	Пререквизит для клонирования in silico

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и демонстрации	1, 4, 5, 7	8	57%
Лабораторные практикумы	2, 3, 6	6	43%

Оборудование и материалы

Оборудование	Занятия	Примечания
Световые микроскопы биологические (8 шт.)	2, 3, 6	Увеличение 40-400x
Микроскоп с цифровой камерой (1 шт.)	2, 3	Для демонстрации на экран
Набор готовых микропрепаратов (2 набора)	2	Растительные и животные клетки
Предметные и покровные стекла	3, 6	
Красители: метиленовый синий, раствор	3	

Оборудование	Занятия	Примечания
Йода		
Растительные образцы: лук, элодея	3, 6	
Растворы NaCl различных концентраций	6	Для плазмолиза/деплазмолиза
Электронные микрофотографии клеток (раздаточный материал)	4, 5	
Проектор мультимедийный	1, 4, 5, 7	
Нитки и катушки для моделирования упаковки ДНК	5	
Препаровальные иглы	3	

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
1	«Биотехнологии в повседневной жизни» (1 год)	Клеточные технологии и тканевая инженерия
4-5	«Основы молекулярной биологии» (1 год)	ДНК в ядре, митохондриях и хлоропластах
5	«Основы генетики» (1 год)	Хромосомы, кариотип, клеточное деление
6	«Основы химии для биологов» (1 год, зан. 4-5)	Осмоз, свойства воды, растворы
6	«Образовательный интенсив» (2 год, день 1)	Электропорация при трансформации бактерий
7	«Основы молекулярной биологии» (1 год, зан. 6)	Центральная догма – путь от ДНК к белку через органоиды

Подготовка педагога

Подготовить:

- Световые микроскопы – проверить исправность.
- Наборы готовых микропрепаратов и материалы для временных препаратов.
- Красители (метиленовый синий, раствор йода).
- Растительные образцы (лук, элодея).
- Растворы NaCl различных концентраций для плазмолиза.
- Электронные микрофотографии и схемы клеточных структур (раздаточный материал).
- Нитки и катушки для моделирования упаковки ДНК.
- Видеоматериалы о работе клетки.

Методическая карта модуля «Основы химии для биологов»

1 год обучения

(20 академических часов, 10 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 8-9 класс).

Предварительные требования: общие знания по естествознанию в объеме программы 7-8 классов; школьники начинают изучать химию, поэтому применяется методическая редукция – сложные концепции даются в упрощенном виде с опорой на наглядность и биологический контекст.

Ключевой результат обучения: описывать молекулярные основы биологических процессов с использованием базовых химических концепций (строение атома, типы связей, растворы, pH) и выполнять простейшие расчеты концентрации.

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится практическим работам и формирующим оценочным мероприятиям.

Связь с подготовкой к финалу НТО: Расчеты концентрации и разведений (занятие 6) – обязательная часть приготовления ПЦР-смеси на финале НТО каждый год. Понимание буферных систем и pH (занятия 9-10) необходимо для работы с рестриктазами (подбор буфера). Водородные связи (занятие 3) – фундамент для понимания структуры ДНК.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Химические элементы, важные для жизни	Углерод, водород, кислород, азот, фосфор, сера и их роль в живых организмах. Положение биогенных элементов в периодической таблице. Органические и неорганические соединения в клетке. Лабораторная работа позволяет обнаружить углерод в органических веществах путем обугливания	Лабораторная работа «Обнаружение углерода в органических веществах» (обугливание). Определение биогенных элементов в периодической таблице. Составление схемы «Элементы жизни и их роль»	Перечислять основные биогенные элементы. Описывать роль углерода, водорода, кислорода и азота в живых организмах. Находить биогенные элементы в периодической таблице	Спиртовка, тигель, образцы органических веществ, периодическая таблица

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
2. Строение атома и периодическая система	Понятие атома и его структура (протоны, нейтроны, электроны). Атомный номер и атомная масса. Периодическая система Менделеева. Электронные оболочки и валентность. Моделирование атомов биогенных элементов	Практическая работа – моделирование атомов углерода, азота, кислорода с помощью конструкторов или пластилина. Определение числа протонов и электронов по таблице. Упражнение на соотнесение элемента и его свойств	Различать понятия «атомный номер» и «атомная масса». Определять число протонов и электронов по периодической таблице. Моделировать строение атомов биогенных элементов	Периодическая таблица (раздаточный материал), молекулярные конструкторы или пластилин
3. Химические связи и их роль в биомолекулах	Ковалентная связь (полярная и неполярная). Ионная связь. Водородная связь и ее особенности. Значение водородных связей в биологии – стабилизация двойной спирали ДНК, структура белков, свойства воды. Электроотрицательность	Практическая работа с молекулярными моделями – определение типа связи в молекулах воды, углекислого газа, хлорида натрия. Задание на сопоставление типа связи и примеров из биологии. Обсуждение – почему водородные связи важны для ДНК	Различать основные типы химических связей (ковалентная, ионная, водородная). Приводить примеры каждого типа из биологии. Объяснять роль водородных связей в структуре ДНК и белков	Молекулярные конструкторы, карточки атомов, модели молекул
4. Вода как основа жизни	Строение молекулы воды и полярность. Агрегатные состояния. Свойства воды, важные для жизни: растворяющая способность, высокая теплоемкость, поверхностное натяжение. Вода как универсальный	Лабораторная работа «Исследование свойств воды» – поверхностное натяжение (опыт с монетой и каплями), растворяющая способность (растворение разных веществ),	Описывать строение молекулы воды. Объяснять, почему вода является универсальным растворителем. Приводить примеры свойств воды, важных для биологических процессов	Химическая посуда, весы, образцы веществ (соль, сахар, масло, песок)

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
	растворитель. Содержание воды в клетках разных тканей	капиллярность. Задание – объяснить, почему вода так важна для живых организмов (3 аргумента)		
5. Растворы и их значение для биологических процессов	Понятие о растворах и растворимости. Растворитель и растворенное вещество. Концентрация раствора. Массовая доля. Насыщенные и ненасыщенные растворы. Роль растворов в биологии – внутриклеточная среда, кровь, буферы	Практическая работа «Тестирование растворимости» – растворение различных веществ в воде. Приготовление растворов заданной массовой доли. Расчеты концентрации. Задание – привести примеры биологических растворов	Объяснять, что такое растворы и растворимость. Готовить раствор заданной массовой доли. Рассчитывать концентрацию раствора	Химическая посуда, весы, различные вещества (соль, сахар, крахмал)
6. Концентрация растворов и приготовление	Массовая доля и молярная концентрация. Разведения. Формула $C_1V_1 = C_2V_2$. Практическое значение расчетов – приготовление растворов для ПЦР, электрофореза, рестрикции. Связь с НТО – расчет объемов компонентов мастер-микса	Практическая работа «Приготовление раствора заданной концентрации». Расчеты массовой доли. Задача на разведение ($C_1V_1 = C_2V_2$). Задача формата НТО – рассчитать объем компонента для ПЦР-смеси	Рассчитывать массовую долю и молярную концентрацию. Применять формулу разведения $C_1V_1 = C_2V_2$. Готовить раствор заданной концентрации по расчетам	Весы, мерные колбы, цилиндры, калькулятор
7. Кислоты и основания, понятие о индикаторах	Понятие о кислотах и основаниях. Классификация по силе. Индикаторы как инструмент определения среды	Лабораторная работа «Определение кислот и оснований с помощью	Определять кислоты и основания с помощью индикаторов. Классифицирова	Индикаторы (лакмус, фенолфталеин , метилоранж, универсальны й), химическая

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
	(лакмус, фенолфталеин, метилоранж, универсальный). Кисотно-основные свойства биологических жидкостей	индикаторов». Тестирование растворов бытовых веществ (уксус, сода, мыло, лимонный сок). Заполнение таблицы с результатами. Обсуждение – какие среды встречаются в организме	ть вещества по кислотно-основным свойствам. Приводить примеры кислых и щелочных сред в организме	посуда, бытовые растворы
8. Электролиты и их диссоциация	Понятие об электролитах и неэлектролитах. Механизм электролитической диссоциации. Ионы в растворе. Проводимость растворов. Электролиты в биологии – ионный состав клетки, нервные импульсы	Лабораторная работа «Определение электропроводности растворов» с помощью лампочки и электродов. Тестирование растворов: соль, сахар, уксус, дистиллированная вода. Заполнение таблицы «Электролит или неэлектролит». Обсуждение – зачем клетке ионы	Различать электролиты и неэлектролиты. Объяснять механизм электролитической диссоциации. Приводить примеры электролитов в живых организмах	Источник тока, лампочка, провода, электроды, химическая посуда, растворы
9. pH и его роль в биологических процессах	Водородный показатель pH. Шкала pH от 0 до 14. Логарифмический характер шкалы (каждая единица – 10-кратное изменение). Измерение pH индикаторной бумагой и pH-метром. pH биологических жидкостей (кровь,	Лабораторная работа «Измерение pH различных растворов» индикаторной бумагой и pH-метром. Составление шкалы pH тестируемых жидкостей. Задание – расположить	Объяснять понятие pH и шкалу от 0 до 14. Измерять pH с помощью индикаторной бумаги и pH-метра. Называть pH основных биологических жидкостей	pH-метр, индикаторная бумага, растворы разного pH, калькулятор

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
	желудочный сок, слюна). Связь с НТО – рН буфера влияет на активность ферментов	растворы от самого кислого к самому щелочному. Задача НТО (адаптированная) – при каком рН рестриктаза работает лучше всего		
10. рН и буферные системы	Закрепление понятия рН. Что такое буферный раствор и зачем он нужен. Буферная емкость. Буферные системы организма (бикарбонатная, фосфатная). Приготовление буферного раствора. Связь с НТО – буферы для ПЦР (буфер 10x), электрофореза (TAE), рестрикции (SE-буферы). Таблица совместимости рестриктаз и буферов	Лабораторная работа «Приготовление фосфатного буфера заданного Ph». Проверка буферных свойств – добавление кислоты/щелочи к буферу и воде, сравнение изменения рН. Задача НТО (адаптированная) – подобрать буфер для двойной рестрикции по таблице совместимости	Измерять рН индикаторной бумагой и рН-метром. Описывать назначение буферных растворов. Объяснять, почему буферы важны для ферментативных реакций. Подбирать буфер для рестрикции по таблице совместимости	рН-метр, индикаторная бумага, реактивы для буферных растворов, таблица совместимости и рестриктаз

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
6	Расчет объема компонента для ПЦР-смеси, формула разведения $C1V1=C2V2$	Задача (15 мин)	Адаптированная задача финала
9	При каком рН рестриктаза имеет максимальную активность	Задача (10 мин)	Адаптированная
10	Подбор буфера для двойной рестрикции по таблице совместимости	Задача (15 мин)	Адаптированная задача 2024-2025

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и демонстрации	1, 2, 3	6	30%
Лабораторные практикумы	4, 5, 6, 7, 8, 9	12	60%
Обобщение и закрепление	10	2	10%

Оборудование и материалы

Оборудование	Занятия	Примечания
Периодическая таблица (раздаточный материал, 15 шт.)	1, 2	
Молекулярные конструкторы или пластилин	2, 3, 4	Для моделирования атомов и молекул
Весы лабораторные (2 шт.)	5, 6	
Мерные колбы 100 мл (4 шт.), цилиндры 50 мл (8 шт.)	5, 6	
Химическая посуда (стаканы, колбы, воронки, пробирки)	1, 4, 5, 7, 8	
Индикаторы: лакмус, фенолфталеин, метилоранж, универсальный	7	
pH-метр портативный (4 шт.)	9, 10	Калибровка перед модулем
Индикаторная бумага универсальная	9, 10	
Источник тока, лампочка, провода, электроды	8	Для определения электропроводности
Спиртовка, тигель	1	Для обугливания
Реактивы: NaCl, сахар, KH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , кислоты, щелочи	4-10	
Калькулятор	6, 9, 10	
Таблица совместимости рестриктаз и буферов	10	Раздаточный материал

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
1-2	«Основы молекулярной биологии» (1 год)	Биогенные элементы как основа биомолекул
3	«Основы молекулярной биологии» (1 год)	Типы связей в белках и нуклеиновых кислотах (водородные связи в ДНК)
4	«Клетка» (1 год)	Вода в клетке, свойства мембран
5	«Клетка» (1 год, зан. 6)	Осмоз и транспорт через мембрану
6	«Методы исследования в МБ» (1 год, зан. 3, 8)	Расчет разведений и приготовление растворов для ПЦР
9-10	«Методы исследования в МБ» (1 год, зан. 10)	pH и буферы для рестрикции

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
9-10	«Химия для МБ» (2 год, зан. 3-4)	Прямое продолжение темы буферов на 2 году

Подготовка педагога

Подготовить:

- Периодическую таблицу на каждого ученика.
- Молекулярные конструкторы или пластилин (занятия 2, 3, 4).
- Реактивы для лабораторных работ (соль, сахар, масло, индикаторы).
- Растворы кислот и щелочей для демонстрационных опытов.
- Рабочие листы с расчетными задачами на концентрацию (занятие 6).
- Таблицу совместимости рестриктаз и буферов (занятие 10).

Проверить:

- Исправность pH-метра и его калибровка.
- Наличие индикаторной бумаги и индикаторов.
- Наличие источника тока и электродов для занятия 8.

Методическая карта модуля «Основы молекулярной биологии»

1 год обучения (12 академических часов, 6 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 9-9 класс).

Предварительные требования: модуль «Клетка» (строение клетки, ядро, рибосомы); модуль «Основы химии для биологов» (химические связи, свойства воды).

Ключевой результат обучения: описывать структуру и функции основных биомолекул (белков, нуклеиновых кислот) в контексте передачи генетической информации и формулировать центральную догму молекулярной биологии

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится практикумам и формирующим оценочным мероприятиям.

Связь с подготовкой к финалу НТО: Центральная догма (ДНК -> РНК -> Белок) – фундамент для всех последующих модулей. Понимание комплементарности – основа для ПЦР (отжиг праймеров), рестрикции (палиндромы), клонирования, CRISPR (спейсер гРНК). Выделение ДНК – первый лабораторный навык программы, развиваемый до профессионального уровня в модулях 1 и 2 года.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Введение в молекулярную биологию	Предмет молекулярной биологии: изучение жизни на уровне молекул. История: открытие структуры ДНК (Уотсон, Крик, Франклин, 1953). Связь молекулярной биологии с генетикой, биохимией, медициной. Обзор ключевых молекул жизни: белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы	Составление ментальной карты «Связь молекулярной биологии с другими науками». Обсуждение: зачем нужна молекулярная биология для медицины? Для сельского хозяйства? Хронология открытий: расположить события на ленте времени	Объяснять предмет молекулярной биологии своими словами. Называть ключевые молекулы жизни. Описывать историю открытия структуры ДНК	Проектор, раздаточные материалы с хронологией открытий
2. Биомолекулы . Белки и их структура	Аминокислоты как строительные блоки белков. 20 протеиногенных аминокислот. Пептидная связь. Уровни организации белка: первичная, вторичная, третичная, четвертичная (обзорно). Функции белков: ферменты, структурные, транспортные, защитные. Связь с НТО: Cas9 – это белок (фермент)	Лабораторная работа: качественные реакции на белки (биуретовая – фиолетовое окрашивание). Задание: соотнеси белок с функцией (10 пар). Обсуждение: Cas9 – это белок. Какую функцию он выполняет?	Описывать строение аминокислот и механизм образования пептидной связи. Перечислять уровни организации белков. Приводить примеры функций белков	Реактивы для качественных реакций (CuSO ₄ , NaOH), яичный белок, раздаточные материалы
3. Нуклеиновые кислоты: ДНК	ДНК как носитель наследственной информации. Химический состав: нуклеотиды (азотистое	Конструирование модели молекулы ДНК из подручных материалов (бумага, проволока).	Описывать состав и строение молекулы ДНК. Объяснять правило	Молекулярные модели нуклеотидов (или подручные материалы:

	основание + дезоксирибоза + фосфат). Четыре основания: А, Т, Г, С. Правило Чаргаффа: А=Т, Г=С. Комплементарность. Двойная спираль. Антипараллельность цепей (5'→3')	Упражнение: по одной цепи ДНК построить комплементарную (на бумаге, 20 нт). Задание: рассчитать состав ДНК, если А=30%	Чаргаффа. Строить комплементарную цепь по заданной. Определять направленность цепей (5'→3')	бумага, проволока, скрепки)
4. Нуклеиновые кислоты: РНК	Сравнение ДНК и РНК. Типы РНК и их функции: мРНК (матричная – копия гена), тРНК (транспортная – доставляет аминокислоты), рРНК (рибосомная – входит в состав рибосомы). Однонитевая структура. Урацил вместо тимина	Составление сравнительной таблицы «ДНК и РНК2: строение, сахар, основания, локализация, функция. Задание: определить тип нуклеиновой кислоты по описанию (5 примеров). Моделирование на бумаге: ДНК → мРНК (транскрипция упрощенно)	Различать типы РНК (мРНК, тРНК, рРНК). Объяснять функции каждого типа. Сравнить ДНК и РНК по ключевым параметрам	Раздаточные материалы со схемами РНК, материалы для моделирования
5. Практическая работа: выделение ДНК из фруктов	Принцип метода выделения ДНК. Роль детергентов (разрушение мембран), солей (осаждение белков), холодного этанола (осаждение ДНК). Практическая работа: выделение ДНК из банана или клубники с использованием бытовых реактивов (средство для мытья посуды, соль, спирт)	Практическая работа: выделение ДНК из банана/клубники. Наблюдение «ниток ДНК» в пробирке. Зарисовка результата. Обсуждение: что мы видим – ДНК или смесь? Почему этот метод «грубый»?	Выполнять процедуру выделения ДНК из растительных тканей. Объяснять роль каждого реагента (детергент, соль, этанол). Описывать ограничения метода	Бананы или клубника, детергент (средство для мытья посуды), поваренная соль, холодный этанол (или изопропанол), стаканы, ситечко, деревянные палочки
6. Центральная догма	Понятие о центральной догме: ДНК →	Создание схемы «Центральная догма	Формулировать центральную догму	Проектор, раздаточные материалы с

молекулярно й биологии	(транскрипция) -> мРНК -> (трансляция) -> Белок. Репликация: копирование ДНК (упрощенно). Транскрипция: создание мРНК по матрице ДНК. Трансляция: синтез белка по мРНК. Генетический код: триплеты, кодоны, таблица генетического кода (знакомство). Связь с НТО: центральная догма – фундамент для понимания всех методов программы	молекулярной биологии» (групповая работа на плакате). Упражнение: по фрагменту ДНК (12 нт) -> записать мРНК -> найти аминокислоты по таблице кода. Обсуждение: что произойдет, если изменить одну «букву» в ДНК?	молекулярной биологии. Различать репликацию, транскрипцию и трансляцию. Использовать таблицу генетического кода для определения аминокислоты по кодону	последовательностями, таблица генетического кода (8 шт.), бумага для плаката
---------------------------	---	---	--	---

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
3	Правило Чаргаффа: расчет состава ДНК (если A=30%, чему равны T, G, C?)	Задача (10 мин)	Адаптированная задача НТО
6	Центральная догма: ДНК -> мРНК -> белок, использование таблицы генетического кода	Упражнение (15 мин)	Пререквизит для задач НТО

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и демонстрации	1, 4	4	33%
Лабораторные работы	2, 5	4	33%
Моделирование и задачи	3, 6	4	34%

Оборудование и материалы

Оборудование	Занятия	Примечания
Реактивы для качественных реакций (CuSO ₄ , NaOH)	2	
Яичный белок (свежий)	2	Закупка за 1-2 дня
Молекулярные модели нуклеотидов (или бумага, проволока, скрепки)	3, 4	
Бананы или клубника	5	Свежие
Детергент, поваренная соль, холодный этанол/изопропанол	5	Бытовые реактивы

Оборудование	Занятия	Примечания
Таблица генетического кода (8 шт.)	6	Ламинированная
Проектор	1, 6	

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
1-2	«Основы химии для биологов» (1 год)	Химические связи в белках и нуклеиновых кислотах
3-4	«Клетка» (1 год, зан. 5)	ДНК в ядре, хромосомы
5	«Методы исследования в МБ» (1 год, зан. 4)	Выделение ДНК: переход от бытовых реактивов к лабораторным
6	«Основы генетики» (1 год)	Центральная догма -> мутации -> наследование
6	«Молекулярная биология» (2 год, зан. 1)	Прямое продолжение: центральная догма на продвинутом уровне

Подготовка педагога

Подготовить:

- Реактивы для качественных реакций на белки (CuSO₄, NaOH, нингидрин).
- Растворы белков (яичный альбумин).
- Материалы для выделения ДНК (бананы, детергент, соль, спирт).
- Молекулярные модели или подручные материалы для моделирования.
- Таблицу генетического кода (8 шт., ламинированные).
- Раздаточные материалы с последовательностями для упражнений.

Методическая карта модуля

«Программирование на Python для биоинформатики (начальный уровень)» 1 год обучения

(16 академических часов, 8 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 9-10 класс).

Предварительные требования: базовые навыки работы с компьютером; модуль «Основы молекулярной биологии» (1 год): понятие о ДНК, нуклеотидах, комплементарности, генетическом коде.

Ключевой результат обучения: создавать программы на Python для решения простых биоинформатических задач: подсчет нуклеотидов, построение комплементарной цепи ДНК, трансляция, чтение файлов формата FASTA.

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится практикумам и формирующим оценочным мероприятиям

Связь с подготовкой к финалу НТО: Python-блок присутствует в задании заключительного этапа НТО каждый год. Навыки этого модуля (работа со

строками, чтение FASTA, функции) – прямой пререквизит для модуля «Python продвинутый» (2 год) и Python-трека интенсива. Формат задач НТО: чтение FASTA, поиск РАМ-сайтов, анализ последовательностей – всё строится на инструментах этого модуля.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Введение в Python и его применение в биоинформатике	Знакомство с Python и его ролью в биоинформатике. Зачем программирование биологу: анализ последовательностей, поиск генов, обработка данных секвенирования. Установка и настройка среды: Python 3, Jupyter Notebook. Первый код: <code>print ("Hello, DNA!")</code> . Связь с НТО: Python-блок есть на финале каждый год	Входное тестирование на выявление начальных знаний. Установка ПО. Запуск Jupyter Notebook. Написание первых команд: <code>print()</code> , арифметические операции. Задание: вычислить число копий ДНК после 30 циклов ПЦР (2^{30})	Объяснять роль программирования в современной биологии. Запускать Jupyter Notebook и выполнять простые команды Python	Компьютерный класс с Python 3, Jupyter Notebook
2. Основы синтаксиса Python и переменные	Типы данных: числа (<code>int</code> , <code>float</code>), строки (<code>str</code>), логические значения (<code>bool</code>). Переменные: создание, именование. Операции с числами и строками. Ввод данных (<code>input</code>). Связь с биологией: строка = модель последовательности и ДНК	Создание и тестирование простых выражений. Задание на представление ДНК как строки: <code>dna = "ATGCGATCGA"</code> . Вычисление длины (<code>len(dna)</code>). Конкатенация строк: <code>"ATG" + "CGC" = "ATGCGC"</code>	Создавать переменные различных типов данных. Выполнять операции с числами и строками. Представлять ДНК-последовательности как строки Python	Компьютерный класс с Python 3, Jupyter Notebook
3. Условные конструкции и	Логические операторы (<code>and</code> , <code>or</code> , <code>not</code>). Условные	Написание программы для проверки: является	Применять логические операторы для	Компьютерный класс с Python 3,

принятие решений	конструкции (if, elif, else). Сравнения (==, !=, >, <). Связь с биологией: нуклеотид – пури́н или пиримидин? Последовательность содержит стартовый кодон?	ли нуклеотид пури́ном (A, G) или пиримиди́ном (T, C). Программа: проверить, начинается ли последовательность со стартового кодона ATG. Задание: проверить, является ли строка валидной ДНК (содержит только A, T, G, C)	решения биологических задач. Использовать условные конструкции для анализа последовательностей	Jupyter Notebook
4. Циклы и повторения	Цикл for: обход элементов строки и списка. Цикл while. Счетчик. Связь с биологией: подсчет нуклеотидов в последовательности, поиск мотива	Написание программы для подсчета всех нуклеотидов в ДНК-последовательности (A, T, G, C). Задание: подсчитать GC-состав (процент G+C). Задание: найти все позиции нуклеотида «G» в строке	Использовать циклы для обработки биологических последовательностей. Подсчитывать нуклеотидный состав ДНК	Компьютерный класс с Python 3, Jupyter Notebook
5. Строки и методы работы с ними	Строки как модель ДНК/РНК последовательностей. Индексация, срезы (slices). Методы строк: find(), count(), replace(), upper(), lower(). Связь с биологией: транскрипция ДНК->РНК = замена Т на U; комплементарная цепь	Практическое задание: функция транскрипции ДНК в РНК (replace T->U). Функция для получения комплементарной цепи (A<->T, G<->C). Обратнo-комплементарная последовательность (reverse complement). Задание: найти число вхождений мотива в последовательность	Применять методы строк для работы с биологическими и последовательностями. Создавать функции транскрипции и комплементарности	Компьютерный класс с Python 3, Jupyter Notebook
6. Списки и структуры данных	Списки: создание, индексация, методы (append,	Создание словаря генетического кода. Разработка	Создавать и использовать списки и	Компьютерный класс с Python 3,

	sort, len). Словари: пары ключ-значение. Связь с биологией: генетический код как словарь (кодон -> аминокислота). Список последовательностей	программы для трансляции: кодон -> аминокислота. Задание: транслировать фрагмент мРНК (18 нт) в последовательность аминокислот. Обсуждение: что произойдет, если встретится стоп-кодон?	словари. Представлять генетический код как словарь. Транслировать последовательность кодонов в аминокислоты	Jupyter Notebook, таблица генетического кода
7. Функции и модульность кода	Создание и вызов функций. Параметры и возвращаемые значения. Документирование (docstrings). Связь с биологией: создание библиотеки функций для анализа ДНК	Написание функции для поиска открытых рамок считывания (ORF): найти ATG, читать триплеты до стоп-кодона. Создание набора функций: count_nucleotides(), gc_content(), transcribe(), complement(). Тестирование функций на разных последовательностях	Создавать пользовательские функции для решения биологических задач. Документировать код. Тестировать функции на разных входных данных	Компьютерный класс с Python 3, Jupyter Notebook
8. Работа с файлами и формат FASTA	Чтение и запись текстовых файлов (open, read, write). Формат FASTA: заголовок (>) + последовательность. Парсинг FASTA: извлечение имени и последовательности. Обработка нескольких последовательностей из файла. Связь с ИТО: чтение FASTA - обязательный	Написание программы для чтения последовательностей из FASTA-файла. Задание: прочитать файл с 3 последовательностями, для каждой вычислить длину и GC-состав, вывести результат. Финальное задание: объединить все функции модуля в программу анализа FASTA-файла	Читать и анализировать данные из FASTA-файлов. Парсить формат FASTA (заголовок + последовательность). Применять ранее созданные функции к данным из файла	Компьютерный класс с Python 3, Jupyter Notebook, подготовленные FASTA-файлы

	элемент Python-блока на финале			
--	--------------------------------	--	--	--

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
4	Подсчет нуклеотидного состава и GC-содержания – базовый навык для задач НТО	Практикум	Пререквизит для задач финала
5	Комплементарная цепь, reverse complement – элемент задач НТО по CRISPR	Практикум	Пререквизит для поиска PAM на обеих цепях
6	Трансляция с использованием словаря генетического кода	Практикум	Адаптированная задача НТО
8	Чтение FASTA-файла и анализ последовательностей – инвариантный элемент Python-блока НТО	Финальное задание	Формат заключительного этапа НТО

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и демонстрации	1	2	12.5%
Практическое программирование	2, 3, 4, 5, 6, 7	12	75%
Итоговый проект	8	2	12.5%

Оборудование и материалы

Оборудование	Занятия	Примечания
Компьютерный класс (15 ПК)	Все занятия	Python 3, Jupyter Notebook
Проектор	Все занятия	Для демонстрации кода
FASTA-файлы (подготовленные)	8	Скачать из NCBI заранее
Таблица генетического кода	6	Для сверки при трансляции

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
2-5	«Основы молекулярной биологии» (1 год)	Комплементарность, нуклеотиды, генетический код
6	«Основы молекулярной биологии» (1 год, зан. 6)	Центральная догма: трансляция как программа
8	«Методы исследования в МБ» (1 год, зан. 11)	Формат FASTA из NCBI
1-8	«Python продвинутый» (2 год)	Прямой пререквизит: все навыки этого модуля развиваются

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
4-5	«Введение в ГР» (2 год)	GC-состав, комплементарность – контекст CRISPR

Подготовка педагога

Установить на все компьютеры:

- Python 3 (<https://www.python.org/>).
- Jupyter Notebook (pip install notebook).

Подготовить:

- Шаблоны кода с комментариями, объясняющими биологический контекст.
- Упрощенные наборы данных (короткие последовательности ДНК для занятий 2-7).
- FASTA-файлы с 3-5 последовательностями для занятия 8.
- Таблицу генетического кода (8 шт.).

Проверить:

- Работоспособность Python и Jupyter на всех компьютерах.
- Доступ в интернет (для скачивания файлов, если нужно).

Методическая карта модуля «Основы генетики» 1 год обучения (22 академических часа, 11 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 8-9 класс).

Предварительные требования: модуль «Основы молекулярной биологии» (ДНК, РНК, белки, центральная догма); модуль «Клетка» (строение ядра, хромосомы).

Ключевой результат обучения: моделировать механизмы наследования признаков, интерпретировать результаты скрещиваний и решать генетические задачи формата отборочного этапа НТО.

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится решению задач и формирующим оценочным мероприятиям.

Связь с подготовкой к финалу НТО: генетические задачи – обязательная часть предметного тура (биология) на каждом отборочном этапе НТО. Понимание механизмов наследования необходимо для интерпретации результатов генотипирования (модуль «Методы исследования в МБ», затем – модуль «Лабораторный интенсив» 2 года). Понятие мутаций (занятие 9) – фундамент для модулей «Введение в ГР» и «Молекулярная биология» 2 года.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Введение в генетику	Понятие генетики как науки. Краткая история: Мендель, Морган, Уотсон и Крик. Значение генетики в медицине, сельском хозяйстве, криминалистике. Основные термины: ген, аллель, локус, доминантный/рецессивный, гомозигота/гетерозигота. Генетическая символика: P, F1, F2, x. Связь с НТО: генетические задачи – обязательная часть отборочного этапа	Входное тестирование для определения начального уровня знаний. Составление ментальной карты «Генетика: ключевые понятия». Упражнение: соотнеси термин и определение (10 пар). Обсуждение: где в жизни мы встречаемся с генетикой?	Объяснять, что изучает генетика. Называть основные генетические термины (ген, аллель, локус, доминантный, рецессивный). Записывать генотипы с использованием генетической символики	Проектор, раздаточные материалы с основными терминами
2. Хромосомы и гены - материаль- ные носители наследствен- ности	Хромосомы: строение (центромера, плечи, хроматиды) и функции. Кариотип человека: 46 хромосом (23 пары). Гомологичные хромосомы. Аутосомы и половые хромосомы (XX, XY). Связь гена и хромосомы: гены расположены в определенных локусах хромосом	Работа с изображениями кариотипов: определение числа хромосом, выявление аномалий. Составление схемы строения хромосомы. Задание: по кариотипу определить пол и наличие хромосомных аномалий	Описывать строение хромосом. Объяснять, что такое кариотип. Различать аутосомы и половые хромосомы. Определять пол по кариотипу	Изображения кариотипов (раздаточный материал), проектор
3. Деление клеток: митоз и	Клеточный цикл. Митоз: фазы и биологическое	Работа с микрофотографиями и схемами	Называть фазы митоза и мейоза. Объяснять	Схемы клеточного деления

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
мейоз	значение (рост, восстановление тканей). Мейоз: фазы и биологическое значение (образование гамет). Различия: митоз – $2n \rightarrow 2n$ (2 дочерние клетки), мейоз – $2n \rightarrow n$ (4 дочерние клетки). Связь с генетикой: мейоз обеспечивает комбинаторную изменчивость	клеточного деления. Составление сравнительной таблицы «Митоз vs. Мейоз». Моделирование мейоза с цветными нитями (расхождение хромосом). Задание: определить тип деления по микрофотографии	биологическое значение митоза и мейоза. Сравнить митоз и мейоз по ключевым параметрам	(раздаточный материал), цветные нити или бумага для моделирования, микрофотографии
4. Законы Менделя: моногибридное скрещивание. Первый и второй законы	Г. Мендель и его эксперименты. Моногибридное скрещивание (наследование одного признака). Первый закон (единообразие гибридов F ₁). Второй закон (расщепление в F ₂ – 3:1). Полное доминирование. Запись скрещивания: P, F ₁ , F ₂	Практическая работа: моделирование моногибридного скрещивания с бумажными моделями. Запись скрещивания AA x aa: P, гаметы, F ₁ (все Aa). Скрещивание Aa x Aa: подсчет F ₂	Формулировать первый и второй законы Менделя. Объяснять механизм расщепления признаков. Записывать схему моногибридного скрещивания.	Цветные бумажные модели для моделирования, раздаточные материалы
5. Законы Менделя: моногибридное скрещивание. Решетка Пеннета	Решетка Пеннета для моногибридного скрещивания. Скрещивание Aa x Aa: построение решетки 2x2, подсчет соотношения генотипов (1AA:2Aa:1aa) и фенотипов (3:1). Анализирующее скрещивание: Aa x	Построение решетки Пеннета для Aa x Aa. Решение задач на моногибридное скрещивание (2-3 задачи). Задачи: определить генотипы родителей по потомству, предсказать соотношение в F ₂	Строить решетку Пеннета для моногибридного скрещивания. Определять соотношение генотипов и фенотипов в потомстве. Решать задачи на моногибридное скрещивание	Калькулятор, раздаточные материалы с задачами

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
	аа			
6. Законы Менделя. Дигибридное скрещивание. Третий закон	Дигибридное скрещивание (наследование двух признаков). Третий закон Менделя – независимое наследование (при условии, что гены в разных хромосомах). Определение типов гамет для дигетерозиготы AaBb: AB, Ab, aB, ab	Определение типов гамет для дигетерозиготы AaBb. Моделирование образования гамет с цветными карточками. Запись скрещивания AaBb x AaBb: определение типов гамет, подготовка к решетке 4x4	Формулировать третий закон Менделя. Определять типы гамет для дигетерозиготы. Объяснять принцип независимого наследования	Цветные карточки для моделирования гамет, раздаточные материалы
7. Законы Менделя. Дигибридное скрещивание. Решение задач	Решетка Пеннета для дигибридного скрещивания (16 клеток). Расщепление 9:3:3:1 в F2. Решение задач на дигибридное скрещивание	Построение решетки Пеннета 4x4 для AaBb x AaBb. Подсчет соотношения фенотипов 9:3:3:1. Решение задач (2-3): определить генотипы родителей, предсказать потомство	Строить решетку Пеннета для дигибридного скрещивания. Определять соотношение фенотипов 9:3:3:1. Решать задачи на дигибридное скрещивание	Калькулятор, раздаточные материалы с задачами

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
8. Сцепленное наследование генов	Хромосомная теория наследственности (Т. Морган). Группы сцепления. Сцепленное наследование: гены в одной хромосоме наследуются вместе. Наследование, сцепленное с полом (гемофилия, дальтонизм). Анализ родословных	Решение задач на сцепленное наследование. Анализ родословных семей с наследственными заболеваниями (дальтонизм, гемофилия). Определение типа наследования по родословной	Объяснять механизм сцепленного наследования генов. Решать простые задачи на сцепленное наследование. Анализировать родословные и определять тип наследования	Раздаточные материалы с задачами и родословными
9. Генотип и фенотип. Мутации	Понятие генотипа и фенотипа. Взаимодействие генотипа и среды. Модификационная изменчивость (ненаследуемая). Наследственная изменчивость: мутации. Типы мутаций: генные (замена нуклеотида), хромосомные (делеции, дупликации), геномные (изменение числа хромосом). Связь с модулем «Основы МБ»: мутация изменяет последовательность ДНК -> может изменить белок	Практическая работа: исследование модификационной изменчивости (измерение длины листьев, построение вариационного ряда). Обсуждение: как отличить модификацию от мутации? Задание: по описанию изменения определить тип мутации (генная, хромосомная, геномная)	Различать понятия генотипа и фенотипа. Приводить примеры влияния среды на проявление признаков. Классифицировать мутации по типам. Объяснять связь мутации ДНК с изменением белка	Листья растений для измерений, линейка, калькулятор, фотографии мутаций

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
10. Практикум. Решение генетических задач	Алгоритмы решения генетических задач разных типов: моногибридное, дигибридное, сцепленное с полом, анализ родословных. Генетическая символика. Задачи формата НТО (отборочный этап): определение генотипов, предсказание потомства, анализ родословных	Решение задач на разные типы наследования (индивидуально, 40 мин, 6-8 задач). Генетическая викторина с элементами соревнования. Разбор сложных задач в парах. Задачи НТО: 2-3 задачи из отборочного этапа 8-9 классов	Применять алгоритмы решения генетических задач. Правильно использовать генетическую символику. Решать задачи формата отборочного этапа НТО	Калькулятор, раздаточные материалы с задачами разных типов, задачи НТО
11. Итоговое занятие. Обобщение и подготовка к НТО	Обобщение материала модуля: ключевые понятия генетики. Генетическая символика и правила оформления решений. Командная игра «Генетический квест»: станции с задачами разных типов. Связь с НТО: разбор примеров заданий отборочного этапа по генетике	Генетическая викторина по всем темам модуля (15 мин). Командная игра «Генетический квест» (станции: моногибридное, дигибридное, сцепленное, родословные). Решение задач НТО по генетике (3-4 задачи). Рефлексия: «Что я теперь умею решать?»	Объяснять основные генетические понятия. Правильно использовать генетическую символику. Решать генетические задачи формата НТО. Работать в команде при решении комплексных задач	Раздаточные материалы с задачами НТО, карточки для викторины и квеста

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
5, 7	Задачи на моногибридное и дигибридное скрещивание (решетка Пеннета)	Практикум (20 мин)	Адаптированные задачи отборочного этапа
8	Анализ родословных, определение типа	Практикум (20)	Адаптированные

	наследования	мин)	задачи НТО
10	Комплексные задачи разных типов (моно-, дигибридное, сцепленное, родословные)	Практикум (40 мин, 6-8 задач)	Задачи отборочного этапа НТО
11	Генетический квест + задачи НТО по генетике	Командная игра + задачи (3-4)	Отборочный этап НТО

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и моделирование	1, 2, 3, 4, 6	10	45%
Решение задач и практикумы	5, 7, 8, 9, 10	10	45%
Обобщение и задачи НТО	11	2	10%

Оборудование и материалы

Оборудование / материалы	Занятия	Примечания
Проектор мультимедийный	1, 2, 3	Для демонстрации кариотипов, схем деления
Изображения кариотипов (раздаточный материал)	2	Нормальные и с аномалиями
Схемы клеточного деления (раздаточный материал)	3	Митоз и мейоз
Цветные бумажные модели для моделирования скрещиваний	4, 6	Подготовить заранее
Цветные нити или бумага для моделирования мейоза	3	
Калькулятор	5, 7, 8, 9, 10	
Раздаточные материалы с задачами разных типов	5, 7, 8, 10, 11	Моно-, дигибридные, сцепленные, родословные
Листья растений для измерения модификационной изменчивости	9	Собрать заранее: 30-50 листьев одного вида
Линейка	9	Для измерения длины листьев
Родословные для анализа (раздаточный материал)	8, 10, 11	Дальтонизм, гемофилия и др.
Задачи НТО по генетике (раздаточный материал)	10, 11	Отборочный этап 8-9 классов
Карточки для генетической викторины и квеста	11	

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
1-2	«Основы молекулярной биологии» (1 год)	ДНК как носитель генетической информации
3	«Клетка» (1 год)	Клеточное деление, ядро, хромосомы

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
9	«Основы молекулярной биологии» (1 год)	Генные мутации и изменение белка (центральная догма)
9	«Введение в ГР» (2 год)	Мутации – фундамент для понимания CRISPR (нокаут, нок-ин)
10-11	«Знакомство с НТО» (1 год)	Формат заданий НТО по генетике (отборочный этап)
9	«Методы исследования в МБ» (1 год, зан. 9-10)	Генотипирование по ПЦР и рестрикции (резус-фактор)
1-11	«Лабораторный интенсив» (2 год, этап 1, зан. 3-4)	Генотип, гомозигота, гетерозигота – пререквизит для генотипирования

Подготовка педагога

Подготовить раздаточные материалы:

- Цветные бумажные модели для моделирования скрещиваний (занятия 4, 6).
- Подборку генетических задач разного уровня сложности (занятия 5, 7, 8, 10).
- Изображения кариотипов (нормальные и с аномалиями) для занятия 2.
- Схемы митоза и мейоза для занятия 3.
- Родословные для анализа (занятия 8, 10, 11).
- Задачи НТО по генетике из отборочного этапа 8-9 классов (занятия 10, 11).
- Карточки для генетической викторины и квеста (занятие 11).
- Листы самооценки «Что я теперь умею решать».

Проверить перед началом модуля:

- Наличие материалов для измерения модификационной изменчивости (листья растений, 30-50 шт.).
- Результаты модулей «Основы МБ» и «Клетка» (пререквизиты).
- Доступ к заданиям НТ.
- О по генетике (отборочный этап).

Методическая карта модуля

«Методы исследования в молекулярной биологии»

1 год обучения

(26 академических часов, 13 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 9-10 класс).

Предварительные требования: модули «Клетка», «Основы химии для биологов», «Основы молекулярной биологии» (выделение ДНК из фруктов), «Основы генетики».

Ключевой результат обучения: выполнять базовые методы молекулярной

биологии (выделение ДНК, ПЦР, электрофорез, рестрикция) и использовать биоинформатические инструменты (NCBI, UGENE) для решения задач отборочного этапа НТО.

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится лабораторным практикумам и формирующим оценочным мероприятиям.

Связь с подготовкой к финалу НТО: модуль формирует инвариантное ядро лабораторных навыков НТО: дозирование, ПЦР, электрофорез, рестрикция проверяются на заключительном этапе каждый год (2022-2025). Биоинформатические инструменты (NCBI, UGENE, BLAST) используются в заданиях всех лет. Занятие 13 целиком посвящено решению задач отборочного этапа НТО.

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Введение в методы молекулярной биологии	Зачем нужны методы молекулярной биологии: узнать, что записано в ДНК, изменить запись, проверить результат. Обзор методов программы: выделение ДНК, ПЦР, электрофорез, рестрикция. Связь с НТО: все эти методы используются на финале каждый год. Демонстрация оборудования: амплификатор, камера для электрофореза, дозаторы	Входной тест: «Что вы помните о ДНК из модуля Основы МБ?» (10 мин). Обсуждение: зачем нужен каждый метод? Составление схемы: «Какой метод для какой задачи». Рефлексия: «Что я хочу научиться делать в этом модуле?»	Объяснять, зачем нужны методы молекулярной биологии. Перечислять основные методы программы и их назначение. Различать задачи, которые решает каждый метод	Демонстрация: амплификатор, камера для электрофореза, дозаторы, трансиллюминатор
2. Дозирование	Зачем нужно точное дозирование: в молекулярной биологии работают с	Практическая работа «Радуга»: дозирование окрашенных растворов разных объемов	Правильно выбирать дозатор для нужного объема. Выполнять прямое	Дозаторы 10-100 мкл (5 шт.), дозаторы 100-1000 мкл (5 шт.), наконечники, окрашенные

	микролитрами (мкл), ошибка в 1 мкл может испортить эксперимент. Устройство дозатора: поршневой механизм, сменные наконечники. Выбор дозатора по диапазону (10-100 мкл, 100-1000 мкл). Прямое дозирование: алгоритм действий	(10, 25, 50, 100 мкл) в лунки планшета. Визуальный контроль точности (интенсивность окраски). Упражнение: выбери правильный дозатор для объема	дозирование с точностью, достаточной для ПЦР. Соблюдать правила работы с наконечниками	растворы, планшеты или пробирки
3. Пробоподготовка	Зачем нужны разведения: исходные растворы, часто слишком концентрированные для эксперимента. Серийные разведения: принцип, расчет. Маркировка пробирок. Вortexирование: зачем перемешивать	Практическая работа: приготовление серии из 5 разведений (от 1:2 до 1:32). Расчет объемов. Проверка визуально (окрашенный раствор) или на спектрофотометре. Обсуждение: почему важно vortexировать?	Понимать принцип серийных разведений. Рассчитывать объемы для приготовления разведений. Готовить серию разведений с правильной маркировкой	Микроцентрифуга-вортекс, дозаторы, пробирки 1.5 мл, штатив, окрашенный раствор
4. Выделение ДНК	Повторение: в модуле «Основы МБ» выделяли ДНК из фруктов (банан, клубника) – бытовые реактивы. НОВОЕ: выделение ДНК из буккального эпителия (клетки щеки) - с использованием лабораторных реактивов и оборудования. Этапы: лизис клеток	Лабораторная работа: выделение ДНК из буккального эпителия. Сбор клеток зондом-тампоном. Лизис. Осаждение. Визуализация («нити» ДНК). Микроскопия клеток перед лизисом (связь с модулем «Клетка»)	Объяснять этапы выделения ДНК. Понимать роль каждого этапа (лизис, осаждение). Выполнять выделение ДНК по протоколу	Набор для выделения ДНК, зонды-тампоны, микроцентрифуга, дозаторы, пробирки, микроскоп

	(разрушение мембран), осаждение белков, осаждение ДНК этанолом. Связь с НТО: на финале работают с ДНК, выделенной из разных источников			
5. Электрофорез. Как разделить ДНК по размеру	Зачем разделять ДНК? Чтобы увидеть результат ПЦР или рестрикции. Принцип: ДНК заряжена отрицательно, в электрическом поле движется к «+». Маленькие фрагменты движутся быстрее. Агарозный гель – «молекулярное сито». Маркер молекулярных масс – «линейка» для определения размера. Демонстрация: готовый гель с разделенными фрагментами (фото)	Демонстрация: готовый гель с разделенными фрагментами ДНК на трансиллюминаторе. Задание: определить размер фрагментов по маркеру (фотографии электрофореграмм, 3 примера). Обсуждение: почему полосы разной яркости?	Объяснять принцип электрофореза простыми словами. Определять размер фрагментов ДНК по маркеру на электрофореграмме. Объяснять, почему маленькие фрагменты мигрируют дальше	Трансиллюминатор, фотографии электрофореграмм (раздаточный материал)
6. Электрофорез. Практикум	Приготовление агарозного геля: расчет навески агарозы (1% гель = 1 г на 100 мл буфера), растворение в микроволновке, добавление красителя, заливка с гребенкой. Нанесение образцов: загрузочный	Лабораторная работа: приготовление 1% агарозного геля. Расчет навески. Растворение. Заливка. Нанесение подготовленных образцов ДНК. Электрофорез (30-40 мин). Визуализация на трансиллюминаторе	Рассчитывать навеску агарозы для геля нужной концентрации. Готовить агарозный гель и заливать его с гребенкой. Наносить образцы в лунки геля	Камера для электрофореза, источник питания, микроволновка, весы, агароза, буфер ТАЕ, краситель, гребенки, дозаторы

	буфер, микропипетка, погружение наконечника в лунку. Запуск: подключение к источнику питания, выбор напряжения, время. Техника безопасности: горячая агароза, напряжение	оре. Фотографирование		
7. ПЦР как способ скопировать ДНК	Проблема: ДНК в образце очень мало - недостаточно для анализа. Решение: ПЦР – «копирование» для ДНК. Компоненты: матрица (ДНК-образец), праймеры («закладки»), dNTP («буквы»), полимеразы («копирующая»), буфер. Программа: денатурация (95°C) – отжиг (55-65°C) – элонгация (72°C). 25-35 циклов = миллиарды копий. Моделирование ПЦР с бумажными моделями ДНК	Моделирование ПЦР с бумажными моделями ДНК и праймерами: денатурация (разделить цепи), отжиг (приложить праймеры), элонгация (дорисовать комплементарную цепь). 3 цикла на бумаге. Подсчет: сколько копий после каждого цикла? Задача: если начали с 1 копии, сколько будет после 30 циклов?	Объяснять принцип ПЦР простыми словами. Называть компоненты ПЦР-смеси и их назначение. Описывать этапы программы ПЦР (денатурация, отжиг, элонгация). Рассчитывать число копий после N циклов	Амплификатор (демонстрация), бумажные модели ДНК и праймеров, калькулятор
8. ПЦР. Практикум	Выбор набора для практикума: «Определение резус-фактора» или аналог. Расчет мастер-микса по инструкции (с помощью педагога).	Лабораторная работа: ПЦР с набором. Расчет мастер-микса с помощью педагога. Подготовка пробирок. Внесение образцов ДНК.	Понимать назначение каждого компонента ПЦР. Готовить ПЦР-смесь по инструкции (с помощью педагога). Загружать	Амплификатор (16 лунок), набор для ПЦР, дозаторы, наконечники с фильтром, пробирки 0.2 мл, штатив, лед

	Подготовка: маркировка пробирок, внесение компонентов на льду. Загрузка амплификатора, запуск программы. Контроли: положительный (K+) и отрицательный (K-) – зачем нужны	Загрузка амплификатора. Запуск программы. Обсуждение: что происходит при каждой температуре?	пробирки в амплификатор и запускать программу	
9. Анализ результатов ПЦР	Электрофорез ПЦР-продуктов: нанесение на гель, запуск. Интерпретация: что означает полоса на геле? Определение размера продукта по маркеру. Анализ контролей: K+ должен показать полосу, K- не должен. Что делать, если нет полосы? (возможные ошибки: забыли добавить ДНК? неправильная температура отжига?)	Лабораторная работа: электрофорез ПЦР-продуктов (из занятия 8). Нанесение образцов + маркер + электрофорез. Визуализация. Фотографирование. Заполнение таблицы: образец – ожидаемый размер – наблюдаемый размер – вывод. Обсуждение контролей	Проводить электрофорез ПЦР-продуктов. Определять размер продукта ПЦР по маркеру. Интерпретировать результаты с учетом контролей. Формулировать вывод об успешности ПЦР	Камера для электрофореза, источник питания, трансиллюминатор, ПЦР-продукты из зан. 8, маркер ДНК, загрузочный буфер
10. Рестрикционный анализ	Рестриктазы – природные «молекулярные ножницы»: бактерии используют их для защиты от вирусов. Сайт узнавания: рестриктаза разрезает ДНК только в определенном месте (например,	Упражнение: найди все сайты EcoRI (GAATTC) в последовательности длиной 100 нт (на бумаге). Предскажи длины фрагментов. Практикум: постановка рестрикции (инкубация с ферментом при	Объяснять, как работают рестриктазы. Находить сайты узнавания в последовательности. Предсказывать длины фрагментов рестрикции. Интерпретировать электрофорегра	Термостат 37C, рестриктаза EcoRI, буфер, камера для электрофореза, дозаторы, раздаточные материалы с последовательностями

	EcoRI: GAATTC). Предсказание фрагментов: если знаем длину ДНК и положение сайтов, можем предсказать длины фрагментов. Проверка на электрофорезе. Связь с НТО: рестрикционный анализ – инвариантный элемент задания	37C). Электрофорез продуктов рестрикции. Сравнение наблюдаемых полос с предсказанными	мму рестрикции	
11. Биоинформатика. Работа в NCBI	Что такое биоинформатика: анализ биологических данных с помощью компьютера. NCBI – крупнейшая база данных генов. Поиск гена по названию. Структура записи: заголовок, аннотация, последовательность. Формат FASTA: заголовок (>) + последовательность. Экспорт в FASTA. Связь с НТО: работа с NCBI – инвариантный элемент	Практикум в компьютерном классе: поиск гена (например, RAD51) в NCBI. Изучение аннотации. Экспорт в FASTA. Задание: найти 3 гена по описанию («ген, отвечающий за...»), экспортировать последовательности	Ориентироваться в базе данных NCBI. Находить ген по названию или описанию. Экспортировать последовательность в формате FASTA. Читать аннотацию геновой записи	Компьютерный класс с интернетом, проектор
12. Биоинформатика. ORF и BLAST в UGENE	ORF (Open Reading Frame) – открытая рамка считывания: участок ДНК от стартового кодона (ATG) до стоп-кодона (TAA, TAG, TGA). Работа в UGENE:	Практикум в UGENE (офлайн): открытие скачанной последовательности гена. Поиск ORF. Трансляция ORF в аминокислотную последовательность	Понимать, что такое ORF. Находить ORF в последовательности с помощью UGENE. Транслировать последовательность ДНК в аминокислотную	Компьютерный класс с установленным UGENE, скачанные последовательности, таблица генетического кода

	открытие скачанной последовательно сти, поиск ORF, трансляция. BLAST: поиск похожих последовательно стей в базе данных («кто похож на наш ген?»). Связь с НТО: работа в UGENE и BLAST – элементы заданий разных лет	ость с использованием таблицы генетического кода. Запуск BLAST из UGENE (если есть интернет) или разбор готовых результатов	Объяснять принцип работы BLAST	
13. Итоговое занятие. Решение задач НТО	Повторение всех методов модуля: выделение ДНК, дозирование, ПЦР, электрофорез, рестрикция, NCBI, UGENE. Решение комплексных задач отборочного этапа НТО 8-9 классов, интегрирующих знания из нескольких тем. Рефлексия: «Что я теперь умею? Какие методы освоил? Что было самым сложным?»	Итоговый тест по методам модуля (15 мин, 10 вопросов). Решение 4-5 задач НТО отборочного этапа (индивидуально, 40 мин). Задачи: 3.2.1.1 (ПЦР), 3.2.1.4 (электрофорез), 3.2.1.6 (рестрикция), 3.2.1.7 (генотипирование). Разбор решений. Самооценка: заполнение листа «Что я теперь умею»	Решать задачи отборочного этапа НТО по методам молекулярной биологии. Интегрировать знания из разных тем для решения комплексных задач. Оценивать собственный уровень владения методами	Раздаточные материалы с задачами НТО (3.2.1.1, 3.2.1.4, 3.2.1.6, 3.2.1.7), листы самооценки

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
2-3	Дозирование и серийные разведения – базовый навык для ПЦР	Практикум	Пререквизит финала
8-9	ПЦР: расчет мастер-микса, постановка, интерпретация	Лабораторная работа	Инвариантное ядро НТО (каждый год)
6, 9	Электрофорез: приготовление геля, нанесение, интерпретация	Лабораторная работа	Инвариантное ядро НТО (каждый год)

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
10	Рестрикционный анализ: поиск сайтов, предсказание фрагментов	Практикум	Инвариантное ядро НТО (каждый год)
11-12	NCBI, UGENE, BLAST: поиск генов, ORF, FASTA	Компьютерный практикум	Инвариантное ядро НТО
13	Решение задач отборочного этапа НТО 8-9 классов (3.2.1.1, 3.2.1.4, 3.2.1.6, 3.2.1.7)	Комплексное задание (40 мин)	Отборочный этап НТО

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и демонстрации	1, 5, 7	6	23%
Лабораторные практикумы	2, 3, 4, 6, 8, 9, 10	14	54%
Компьютерные практикумы	11, 12	4	15%
Решение задач НТО	13	2	8%

Оборудование и материалы

Оборудование	Занятия	Примечания
Дозаторы 10-100 мкл (5 шт.), 100-1000 мкл (5 шт.)	2, 3, 4, 6, 8, 9, 10	Из инфраструктурного листа
Микроцентрифуга-вортекс (1 шт.)	3, 4, 8	
Амплификатор (16 лунок)	8	
Камера для электрофореза, источник питания	6, 9, 10	
Трансиллюминатор	5, 6, 9, 10	
Термостат или водяная баня (37C)	10	Для рестрикции
Микроскоп биологический (8 шт.)	4	Для наблюдения клеток перед лизисом
Весы лабораторные (2 шт.)	6	Для навески агарозы
Микроволновая печь	6	Для растворения агарозы
Компьютерный класс (15 ПК) с UGENE	11, 12	Установить UGENE заранее
Набор для ПЦР	8	«Определение резус-фактора» или аналог
Набор для выделения ДНК из Buccal epithelial	4	
Рестриктаза EcoRI с буфером	10	Хранение: -20C
Агароза, буфер TAE, краситель, маркер ДНК, загрузочный буфер	6, 9, 10	

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
4	«Клетка» (1 год)	Микроскопия клеток перед лизисом, строение мембран
4	«Основы МБ» (1 год, зан. 5)	Повторение: выделение ДНК из фруктов
7	«Основы МБ» (1 год, зан. 6)	Центральная догма, репликация
9	«Основы генетики» (1 год)	Генотип, фенотип (резус-фактор)
12	«Основы МБ» (1 год, зан. 6)	Центральная догма, трансляция
8-9	«Лабораторный интенсив» (2 год, этап 1)	Прямой пререквизит: навыки ПЦР и электрофореза закрепляются
10-12	«Молекулярная биология» (2 год, зан. 7-8)	Рестрикция и UGENE используются для клонирования in silico

Подготовка педагога

Установить на компьютеры:

- UGENE (<https://ugene.net/download-all.html>).

Скачать из NCBI заранее:

- Ген RAD51 человека (NG_012120) – формат GenBank.
- Ген INS человека (NG_007114) – формат GenBank.
- мРНК RAD51 (NM_002875) – формат GenBank.

Подготовить раздаточные материалы:

- Бумажные модели ДНК и праймеров для моделирования ПЦР (занятие 7).
- Последовательности с сайтами рестрикции для упражнения (занятие 10).
- Фотографии электрофореграмм для интерпретации (занятия 5, 9).
- Задачи НТО отборочного этапа 8-9 классов: 3.2.1.1, 3.2.1.4, 3.2.1.6, 3.2.1.7 (занятие 13).
- Таблица генетического кода (8 шт., ламинированные).
- Листы самооценки «Что я теперь умею».

Проверить перед началом модуля:

- Работоспособность амплификатора.
- Наличие всех компонентов в наборе ПЦР и сроки годности.
- Работоспособность камеры для электрофореза и источника питания.
- Срок годности рестриктаз (хранение строго -20С).
- Доступ к NCBI из школьной сети.

Методическая карта модуля «Биотехнологии в повседневной жизни» 1 год обучения

(12 академических часов, 6 занятий по 2 ак.ч.)

Уровень сложности: базовый (первый год обучения, 8-9 класс).

Предварительные требования: все модули 1 года: «Клетка», «Основы химии», «Основы молекулярной биологии», «Основы генетики».

Ключевой результат обучения: проектировать биотехнологическое

решение для городской среды, обосновывать его эффективность и этичность, работать в команде с распределением ролей и защищать результаты перед аудиторией.

Технология обучения: перевернутый класс – теория изучается по конспектам на платформе до занятия; основное время занятия отводится практикумам и формирующим оценочным мероприятиям.

Связь с подготовкой к финалу НТО: Модуль формирует мягкие навыки, критически важные для финала НТО: командная работа с распределением ролей, подготовка и защита постера/презентации, написание эссе, аргументация в дискуссии. Формат дебатов и мини-эссе (занятие 4) – прямая подготовка к эссе формата НТО (появилось в задании 2024-2025). Биоэтика – контекст для ответственного применения CRISPR (модуль «Введение в ГР» 2 года).

Тема	Содержание	Формирующие оценочные мероприятия	Результат обучения	Оборудование
1. Введение в биотехнологии и	Понятие биотехнологии. История: от древней ферментации (хлеб, вино, сыр) до современных технологий (генная инженерия, клеточные технологии). Области применения: медицина, сельское хозяйство, пищевая промышленность, экология. Распределение ролей в команде: исследователь, дизайнер, спикер (подготовка к командному проекту)	Входная диагностика: «Что я знаю о биотехнологиях?» Составление «Карты связей» биотехнологии с другими модулями программы. Распределение ролей в командах (по 3-4 человека). Обсуждение: какие биотехнологии мы используем каждый день, не задумываясь?	Объяснять суть биотехнологии и этапы её развития. Приводить примеры биотехнологий в повседневной жизни. Распределять роли в команде для проектной работы	Маркерная доска, карточки ролей
2. Микроорганизмы вокруг нас	Микроорганизмы: бактерии, дрожжи, плесневые грибы. Роль микроорганизмов в биотехнологии: ферментация, производство антибиотиков, продукция белков. Понятие стерильности. Практическая работа: посев отпечатков пальцев / поверхностей на	Лабораторная работа: посев отпечатков пальцев и поверхностей (парта, телефон, дверная ручка) на чашки Петри с агаром. Инкубация (результаты – на следующем занятии). Обсуждение:	Объяснять важность стерильности. Выполнять посев на твердую питательную среду. Различать бактерии и грибы по колониям	Чашки Петри с агаром, термостат (или йогуртница), стерильные тампоны

	питательную среду	зачем нужна стерильность? Где в школе больше всего микробов?		
3. Антибиотики и устойчивость	Механизмы борьбы с бактериями. Маркеры устойчивости к антибиотикам. Риски антибиотикорезистентности. Связь с генетикой: гены устойчивости передаются на плаزمиде. Связь с НТО: маркер устойчивости – обязательный элемент плазмидного вектора для клонирования	Анализ результатов посева (из занятия 2). Дискуссия: «За и против» широкого использования антибиотиков (структурированная, 2 команды). Обсуждение: зачем в плазмиде для клонирования нужен ген устойчивости к антибиотикам?	Аргументировать позицию в дискуссии. Объяснять биологический смысл устойчивости к антибиотикам. Связывать маркеры устойчивости с отбором трансформантов	Результаты посева (чашки Петри), кейсы о резистентности, таймер
4. Биоэтика технологий	Этические дилеммы: редактирование генома человека (случай Хэ Цзянькуя), генетическое тестирование, ГМО. Формат дебатов: структура аргументации (тезис – аргумент – пример – вывод). Написание мини-эссе (до 500 знаков). Связь с НТО: эссе – элемент задания финала 2024-2025	Дебаты: «Должно ли быть разрешено редактирование генома человека?» (2 команды, по 5 мин + 5 мин вопросы). Написание мини-эссе (500 знаков): «Какая биотехнология изменит мир больше всего?» Взаимное рецензирование эссе в парах	Формулировать и письменно обосновывать этическую позицию. Аргументировать свою точку зрения в формате дебатов. Писать структурированное мини-эссе	Темы дебатов (раздаточный материал), листы рефлексии
5. Командный мини-проект	Сборка данных проекта: каждая команда выбирает тему (биофильтр, йогурт-контроль, генетический паспорт). Методы визуализации: постеры и инфографика. Подготовка постера: структура (проблема, решение, данные,	Работа в командах: сборка данных, создание постера. Проверка структуры постера на соответствие критериям (наставник проверяет	Создавать структурированный инфопродукт (постер) в команде. Соблюдать критерии оформления научного постера. Распределять	Ноутбуки (PowerPoint), ватманы, маркеры

	вывод), визуальная иерархия, критерии научности	каждую команду). Подготовка к защите: распределение частей выступления (кто что говорит, тайминг 5 мин)	задачи команде	в
6. Защита проектов и рефлексия. Итоги 1 года	Публичное выступление: каждая команда защищает свой проект (5 мин + 3 мин вопросы). Взаимооценивание по критериям (ясность проблемы, обоснованность решения, качество визуализации, ответы на вопросы). Итоговое тестирование по ключевым понятиям 1 года. Подведение итогов. Заполнение листа рефлексии: «Что я узнал за год? Что хочу изучить во 2 году?»	Публичная защита (5+3 мин на команду). Взаимооценивание по бланку. Итоговый тест по ключевым понятиям 1 года (15 мин). Заполнение листа рефлексии. Обсуждение: чего ждать от 2 года?	Презентовать результаты проекта перед аудиторией. Оценивать проекты коллег по заданным критериям. Формулировать цели на следующий год обучения	Проектор, оценочные листы, итоговый тест, листы рефлексии

Задачи НТО, интегрированные в модуль

Занятие	Задачи НТО / олимпиадный компонент	Формат	Источник
4	Написание мини-эссе (500 знаков) + взаимное рецензирование – формат НТО	Эссе + рецензирование	Подготовка к эссе финала НТО
5-6	Командный проект: подготовка постера и публичная защита (5+3 мин) – формат командной работы НТО	Проект + защита	Формат командной работы финала

Сводная информация по модулю

Распределение часов по типам деятельности

Тип деятельности	Занятия	Часы	Процент
Теория и обсуждения	1, 3	4	33%
Лабораторная работа	2	2	17%
Мягкие навыки (дебаты, эссе)	4	2	17%
Командный проект и защита	5, 6	4	33%

Оборудование и материалы

Оборудование	Занятия	Примечания
Чашки Петри с агаром (20 шт.)	2	Стерильные
Термостат или йогуртница	2	Для инкубации

Оборудование	Занятия	Примечания
		посевов
Стерильные тампоны	2	
Проектор	1, 6	
Ноутбуки (для создания постеров)	5	PowerPoint или Google Slides
Ватманы, маркеры	5	Альтернатива цифровому постеру
Оценочные листы для взаимооценивания	6	
Листы рефлексии	6	
Таймер	4, 6	Для дебатов и защит

Межмодульные связи

Занятие	Связь с модулем	Как реализуется
1	«Клетка» (1 год)	Клеточные технологии и тканевая инженерия
2-3	«Основы генетики» (1 год)	Гены устойчивости к антибиотикам на плазмидах
3	«Молекулярная биология» (2 год)	Маркер устойчивости – элемент плазмидного вектора
4	«Введение в ГР» (2 год)	Биоэтика CRISPR: редактирование человека
4	«Образовательный интенсив» (2 год, день 3)	Эссе формата НТО – развитие навыка
5-6	Конференция кружков НТО (1 год)	Подготовка к защите на конференции
5-6	«Весенний блок: проектная деятельность» (2 год)	Навыки командной работы и защиты – пререквизит

Подготовка педагога

Подготовить:

- Чашки Петри с питательной средой (агар) – 20 шт., заказать за 1-2 недели.
- Темы для дебатов и мини-эссе (занятие 4).
- Варианты тем для командных проектов: «Биофильтр для школьной столовой», «Йогурт-контроль», «Генетический паспорт горожанина».
- Шаблон постера с критериями оценки (занятие 5).
- Оценочные листы для взаимооценивания (занятие 6).
- Итоговый тест по ключевым понятиям 1 года.
- Листы рефлексии «Что я узнал за год».

Проверить:

- Исправность термостата или йогуртницы для инкубации.
- Наличие стерильных тампонов.
- Доступ к ноутбукам/компьютерам для создания постеров.

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
	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	Модератор для координации вопросов

	Активность	Описание	Необходимые ресурсы
		представителям лучших проектов	
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.

**Инфраструктурный лист программы кружка «Геномное
редактирование»
(1 год обучения)**

Расчёт на 15 обучающихся.

Условные обозначения сокращения модулей

Сокращение	Модуль	Часы
НТО	Урок НТО. Решение олимпиадных заданий	10
КЛ	Клетка	14
ХИМ	Основы химии для биологов	20
МБ	Основы молекулярной биологии	12
РУ	Программирование на Python	16
ОЛ	Олимпиада НТО (решение заданий)	8
ГЕН	Основы генетики	22
МЕТ	Методы исследования в молекулярной биологии	26
БИО	Биотехнологии в повседневной жизни	12
КОНФ	Конференция кружков	4

Условия хранения

Обозначение	Значение
КТ	Комнатная температура
ХОЛ	Холодильник (+4°C)
МОП	Морозильник (-20°C)
ОГН	Вдали от источников огня
СВТ	Защита от света

Частота закупки расходных материалов

Код	Значение
Б.1	Ежегодная закупка
Б.2	Закупка раз в 2-3 года
Б.3	Закупка перед занятиями (скоропортящиеся)

Модуль «Клетка» (КЛ) – 14 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
КЛ-О1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	Увеличение 40–400х, светодиодная подсветка, объективы 4х, 10х, 40х
КЛ-О2	Микроскоп биологический с цифровой камерой	1 шт.	Увеличение до 1000х, тринокулярная насадка, USB-камера не менее 2 Мп
КЛ-О3	Набор готовых микропрепаратов	2 набора	Не менее 40 препаратов: ткани растений, животных, бактерии

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
КЛ-О4	Камера Горяева	2 шт.	Стандартная, глубина 0,1 мм, с покровными стёклами
КЛ-О5	Пинцет анатомический	8 шт.	Нержавеющая сталь, длина 14–16 см
КЛ-О6	Препаровальные иглы	16 шт.	С пластиковой ручкой
КЛ-О7	Скальпель или держатель со сменными лезвиями	8 шт.	Нержавеющая сталь
КЛ-О8	Лезвия сменные для скальпеля	20 шт.	Стерильные
КЛ-О9	Чашки Петри стеклянные	16 шт.	Диаметр 90–100 мм, с крышкой

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
КЛ-Р1	Стёкла предметные	шт.	50	Б.1	КТ
КЛ-Р2	Стёкла покровные 18х18 мм	шт.	100	Б.1	КТ
КЛ-Р3	Метиленовый синий раствор 1%	мл	50	Б.2	КТ, СВТ
КЛ-Р4	Раствор Люголя	мл	50	Б.2	КТ, СВТ
КЛ-Р5	Нейтральный красный раствор 1%	мл	25	Б.2	КТ
КЛ-Р6	Глицерин	мл	50	Б.2	КТ
КЛ-Р7	Йод спиртовой раствор 5%	мл	50	Б.2	КТ, СВТ
КЛ-Р8	Перчатки нитриловые размер S	пар	20	Б.1	КТ
КЛ-Р9	Перчатки нитриловые размер M	пар	20	Б.1	КТ
КЛ-Р10	Фильтровальная бумага	лист	30	Б.1	КТ
КЛ-Р11	Пипетки Пастера пластиковые 3 мл	шт.	50	Б.1	КТ
КЛ-Р12	Вода дистиллированная	л	2	Б.1	КТ
КЛ-Р13	Лук репчатый	шт.	5	Б.3	КТ
КЛ-Р14	Элодея или другое водное растение	веточек	5	Б.3	В воде
КЛ-Р15	Картофель	шт.	3	Б.3	КТ
КЛ-Р16	Морковь	шт.	2	Б.3	КТ
КЛ-Р17	Герань (пеларгония) в горшке	шт.	1	Б.3	–
КЛ-Р18	Масло иммерсионное	мл	10	Б.2	КТ

Модуль «Основы химии для биологов» (ХИМ) – 20 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ХИМ-О1	рН-метр портативный	4 шт.	Диапазон 0–14, точность не хуже 0,02, автоматическая температурная компенсация

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ХИМ-02	Индикаторная бумага универсальная рН 1–14	10 упак.	Не менее 100 полосок в упаковке
ХИМ-03	Весы лабораторные	2 шт.	Точность 0,01 г, максимальная нагрузка не менее 200 г
ХИМ-04	Магнитная мешалка	2 шт.	С подогревом, объём перемешивания до 1 л
ХИМ-05	Штатив лабораторный с кольцом и лапкой	4 шт.	Высота не менее 50 см
ХИМ-06	Плитка электрическая лабораторная	2 шт.	Мощность 500–1000 Вт
ХИМ-07	Баня водяная	1 шт.	Объём не менее 2 л, регулировка температуры до 100°C
ХИМ-08	Стакан химический 100 мл	16 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-09	Стакан химический 250 мл	8 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-010	Колба коническая 100 мл	8 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-011	Колба коническая 250 мл	4 шт.	Термостойкое стекло
ХИМ-012	Колба мерная 100 мл	4 шт.	Стекло, класс точности А или Б
ХИМ-013	Колба мерная 250 мл	2 шт.	Стекло, класс точности А или Б
ХИМ-014	Цилиндр мерный 50 мл	8 шт.	Стекло или пластик
ХИМ-015	Цилиндр мерный 100 мл	4 шт.	Стекло или пластик
ХИМ-016	Цилиндр мерный 250 мл	2 шт.	Стекло или пластик
ХИМ-017	Пробирки стеклянные 10–15 мл	50 шт.	С закруглённым дном
ХИМ-018	Штатив для пробирок	8 шт.	На 10–20 пробирок
ХИМ-019	Палочки стеклянные	16 шт.	Длина 20–25 см
ХИМ-020	Шпатель-ложка	8 шт.	Нержавеющая сталь или пластик
ХИМ-021	Воронка стеклянная	8 шт.	Диаметр 50–75 мм
ХИМ-022	Промывалка пластиковая	4 шт.	Объём 250–500 мл
ХИМ-023	Спиртовка	4 шт.	С защитным колпачком
ХИМ-024	Держатель для пробирок	8 шт.	Деревянный или пластиковый
ХИМ-025	Ёршик для мытья пробирок	4 шт.	–

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ХИМ-Р1	Натрия хлорид	г	500	Б.1	КТ
ХИМ-Р2	Калия хлорид	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р3	Сахароза (сахар)	г	500	Б.1	КТ
ХИМ-Р4	Глюкоза	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р5	Кислота соляная раствор 10%	мл	100	Б.2	КТ, ОГН

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ХИМ-Р6	Натрия гидроксид (гранулы)	г	100	Б.2	КТ, герметично
ХИМ-Р7	Кислота уксусная пищевая 9%	мл	200	Б.1	КТ
ХИМ-Р8	Натрия гидрокарбонат (сода пищевая)	г	200	Б.1	КТ
ХИМ-Р9	Натрия гидрофосфат	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р10	Натрия дигидрофосфат	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р11	Кислота лимонная	г	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р12	Меди сульфат пентагидрат (медный купорос)	г	50	Б.2	КТ
ХИМ-Р13	Фенолфталеин раствор 1%	мл	50	Б.2	КТ
ХИМ-Р14	Метиловый оранжевый раствор 0,1%	мл	50	Б.2	КТ
ХИМ-Р15	Буфер калибровочный pH 4,01	мл	250	Б.1	КТ
ХИМ-Р16	Буфер калибровочный pH 7,00	мл	250	Б.1	КТ
ХИМ-Р17	Раствор KCl 3М для хранения электрода	мл	100	Б.2	КТ
ХИМ-Р18	Спирт этиловый или изопропиловый для спиртовок	мл	500	Б.1	КТ, ОГН
ХИМ-Р19	Вода дистиллированная	л	5	Б.1	КТ
ХИМ-Р20	Перчатки нитриловые размер S	пар	30	Б.1	КТ
ХИМ-Р21	Перчатки нитриловые размер M	пар	30	Б.1	КТ
ХИМ-Р22	Краснокочанная капуста	шт.	1	Б.3	КТ
ХИМ-Р23	Чай каркаде	г.	50	Б.3	КТ
ХИМ-Р24	Масло растительное рафинированное	мл	100	Б.3	КТ

Модуль «Основы молекулярной биологии» (МБ) – 12 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
МБ-О1	Термостат или сушильный шкаф	1 шт.	Диапазон температур 30–60°C, объем не менее 10 л
МБ-О2	Штатив для пробирок 1,5 мл	8 шт.	На 24–48 мест, пластик
МБ-О3	Воронка стеклянная или пластиковая	8 шт.	Диаметр 50–75 мм
МБ-О4	Ступка с пестиком	4 шт.	Фарфор, диаметр 80–100 мм

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
МБ-Р1	Изопропиловый спирт 99%	мл	200	Б.1	КТ, ОГН
МБ-Р2	Средство для мытья посуды бесцветное	мл	50	Б.1	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
МБ-Р3	Натрия хлорид (поваренная соль)	г	100	Б.1	КТ
МБ-Р4	Пробирки микроцентрифужные 1,5 мл	шт.	100	Б.1	КТ
МБ-Р5	Перчатки нитриловые размер S	пар	10	Б.1	КТ
МБ-Р6	Перчатки нитриловые размер M	пар	10	Б.1	КТ
МБ-Р7	Марля медицинская	м	2	Б.1	КТ
МБ-Р8	Деревянные палочки (шпажки)	шт.	20	Б.1	КТ
МБ-Р9	Пластиковые стаканы 200 мл	шт.	20	Б.1	КТ
МБ-Р10	Бананы	шт.	5	Б.3	КТ
МБ-Р11	Клубника или киви	г	200	Б.3	ХОЛ
МБ-Р12	Ананасовый сок 100% без добавок	мл	200	Б.3	ХОЛ

Модуль «Программирование на Python» (PY) – 16 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
PY-O1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	Операционная система Windows 10/11 или Linux, оперативная память не менее 4 ГБ
PY-O2	Проектор мультимедийный	1 шт.	Разрешение не менее 1024x768, яркость не менее 3000 люмен
PY-O3	Экран для проектора	1 шт.	Размер не менее 150x150 см
PY-O4	Маршрутизатор (роутер) с доступом в интернет	1 шт.	Поддержка не менее 20 одновременных подключений

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
PY-P1	Программное обеспечение Python 3.x	–	–	Б.2	–
PY-P2	Программное обеспечение UGENE	–	–	Б.2	–

Программное обеспечение распространяется бесплатно, загружается из сети Интернет.

Модуль «Основы генетики» (ГЕН) – 22 часа

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ГЕН-O1	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	Размер не менее 100x150 см
ГЕН-O2	Магниты для доски	20 шт.	Диаметр 20–30 мм, разные цвета
ГЕН-O3	Маркеры для доски (набор)	2 набора	Не менее 4 цветов в наборе

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ГЕН-Р1	Бумага цветная А4 (набор)	упак.	3	Б.2	КТ
ГЕН-Р2	Пластилин (набор 10 цветов)	упак.	2	Б.2	КТ
ГЕН-Р3	Бусины пластиковые разных цветов	шт.	200	Б.2	КТ
ГЕН-Р4	Игральные кости (кубики)	шт.	16	Б.2	КТ
ГЕН-Р5	Монеты или пластиковые фишки	шт.	16	Б.2	КТ
ГЕН-Р6	Ножницы канцелярские	шт.	8	Б.2	КТ
ГЕН-Р7	Клей-карандаш	шт.	8	Б.1	КТ
ГЕН-Р8	Линейка 30 см	шт.	8	Б.2	КТ
ГЕН-Р9	Маркеры цветные (набор)	упак.	2	Б.1	КТ
ГЕН-Р10	Бумага А4 белая	пачка	1	Б.1	КТ
ГЕН-Р11	Папки-файлы А4	шт.	30	Б.1	КТ

Модуль «Методы исследования в молекулярной биологии» (МЕТ) – 26 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
МЕТ-О1	Термоциклер (амплификатор) для ПЦР	1 шт.	Блок на 16 лунок для пробирок 0,2 мл, диапазон температур 4–99°C, нагреваемая крышка 50–110°C, память не менее 20 программ
МЕТ-О2	Камера для горизонтального электрофореза	1 шт.	Размер геля 10x15 см, 2 гребёнки на 8 и 16 лунок, объём буфера 200–400 мл
МЕТ-О3	Источник питания для электрофореза	1 шт.	Напряжение 10–300 В, ток 1–400 мА, 2 выхода, таймер, защита от короткого замыкания
МЕТ-О4	Трансillюминатор светодиодный	1 шт.	Длина волны 465–490 нм (синий свет), площадь просмотра не менее 10x10 см, ультрафиолетовое излучение не допускается
МЕТ-О5	Центрифуга-вортекс настольная	1 шт.	Скорость центрифугирования до 6000 об/мин, ротор для пробирок 1,5–2,0 мл на 6–8 мест, режим вортекса до 2800 об/мин
МЕТ-О6	Дозатор механический 2–20 мкл	4 шт.	Одноканальный, погрешность не более 1,5%
МЕТ-О7	Дозатор механический 20–200 мкл	5 шт.	Одноканальный, погрешность не более 1,0%
МЕТ-О8	Дозатор механический 100–1000 мкл	5 шт.	Одноканальный, погрешность не более 0,8%
МЕТ-О9	Штатив для дозаторов	3 шт.	На 6 мест
МЕТ-О10	Штатив для пробирок 1,5 мл	8 шт.	На 24–48 мест, пластик

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
МЕТ-О11	Штатив охлаждающий для пробирок 0,2 мл	4 шт.	С возможностью заполнения льдом, на 96 лунок
МЕТ-О12	Контейнер для льда лабораторный	2 шт.	Объем 1-2 л, с крышкой
МЕТ-О13	Холодильник бытовой с морозильной камерой	1 шт.	Объем холодильной камеры не менее 150 л, температура морозильной камеры не выше минус 18°C
МЕТ-О14	Микроволновая печь	1 шт.	Мощность 700-1000 Вт
МЕТ-О15	Термостат твердотельный или водяная баня	1 шт.	Диапазон температур 25-100°C, для пробирок 1,5 мл

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
МЕТ-Р1	Пробирки микроцентрифужные 1,5 мл	шт.	300	Б.1	КТ
МЕТ-Р2	Пробирки для ПЦР тонкостенные 0,2 мл	шт.	200	Б.1	КТ
МЕТ-Р3	Наконечники для дозаторов 2-200 мкл универсальные	шт.	500	Б.1	КТ
МЕТ-Р4	Наконечники для дозаторов 2-200 мкл с фильтром	шт.	400	Б.1	КТ
МЕТ-Р5	Наконечники для дозаторов 100-1000 мкл универсальные	шт.	300	Б.1	КТ
МЕТ-Р6	Наконечники для дозаторов 100-1000 мкл с фильтром	шт.	100	Б.1	КТ
МЕТ-Р7	Перчатки нитриловые размер S	пар	50	Б.1	КТ
МЕТ-Р8	Перчатки нитриловые размер M	пар	50	Б.1	КТ
МЕТ-Р9	Зонд-тампон стерильный для буккального эпителия	шт.	30	Б.1	КТ
МЕТ-Р10	Агароза для электрофореза низкоэлектроэндоосмосная	г	100	Б.1	КТ
МЕТ-Р11	Буфер ТАЕ концентрированный 50x	мл	250	Б.1	КТ
МЕТ-Р12	Краситель для визуализации ДНК (GoodView, GelGreen или аналог, не бромистый этидий)	мкл	500	Б.2	ХОЛ, СВТ
МЕТ-Р13	Буфер для нанесения образцов ДНК 6x	мл	5	Б.1	ХОЛ
МЕТ-Р14	ДНК-маркер молекулярной массы 100 п.н.	мкл	200	Б.1	МОР
МЕТ-Р15	Изопропиловый спирт 99%	мл	300	Б.1	КТ, ОГН
МЕТ-Р16	Вода деионизированная или дистиллированная стерильная	л	5	Б.1	КТ

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
МЕТ-Р17	Пищевой краситель жидкий (набор 4 цвета)	набор	1	Б.2	КТ
МЕТ-Р18	Маркер перманентный тонкий чёрный	шт.	10	Б.1	КТ
МЕТ-Р19	Парафильм или пищевая плёнка	м	5	Б.1	КТ
МЕТ-Р20	Набор для проведения ПЦР «Определение резус-фактора человека» (учебный)	Компл.	1	Б.1	МОР, ХОЛ

Состав набора для ПЦР (позиция МЕТ-Р20)

- Набор должен содержать:
- Реагенты для выделения ДНК (буферы, ферменты или колонки) – на 20 образцов.
- Зонд-тампоны стерильные – не менее 20 шт.
- ПЦР-смесь или отдельные компоненты (полимераза, буфер, dNTP) – на 20 реакций.
- Праймеры специфические – на 20 реакций.
- Положительный контроль ДНК – не менее 20 мкл.
- Отрицательный контроль (вода без ДНК) – не менее 50 мкл.
- ДНК-маркёр молекулярной массы – не менее 50 мкл.
- Агароза – не менее 10 г.
- Буфер для электрофореза (концентрат) – не менее 50 мл.
- Буфер для нанесения образцов – не менее 0,5 мл.
- Краситель для ДНК безопасный – не менее 100 мкл.
- Наконечники с фильтром 2–200 мкл – не менее 100 шт.
- Пробирки 1,5 мл – не менее 30 шт.
- Пробирки 0,2 мл – не менее 50 шт.
- Методическое пособие на русском языке.

Модуль «Биотехнологии в повседневной жизни» (БИО) – 12 часов

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
БИО-О1	Термостат или йогуртница	1 шт.	Поддержание температуры 37–42°C
БИО-О2	Стаканы стеклянные или пластиковые 250 мл	16 шт.	Термостойкие
БИО-О3	Ложки или шпатели пластиковые	16 шт.	Одноразовые или многоразовые

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
БИО-Р1	Молоко пастеризованное (не стерилизованное)	л	1	Б.3	ХОЛ
БИО-Р2	Закваска для йогурта или натуральный йогурт без добавок	упак.	1	Б.3	ХОЛ
БИО-Р3	Дрожжи сухие хлебопекарные	г	50	Б.3	КТ
БИО-Р4	Сахар	г	100	Б.3	КТ
БИО-Р5	Мука пшеничная	г	200	Б.3	КТ
БИО-Р6	Чашки Петри пластиковые стерильные	шт.	20	Б.1	КТ
БИО-Р7	Перчатки нитриловые размер S	пар	10	Б.1	КТ
БИО-Р8	Перчатки нитриловые размер M	пар	10	Б.1	КТ
БИО-Р9	Воздушные шарики	шт.	10	Б.1	КТ
БИО-Р10	Пластиковые бутылки 0,5 л	шт.	10	Б.1	КТ

Модули НТО, ОЛ, КОНФ – 22 часа (суммарно)

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
НТО-О1	Компьютер или ноутбук	15 шт.	Используются из модуля РУ
НТО-О2	Проектор мультимедийный	1 шт.	Используется из модуля РУ
НТО-О3	Принтер лазерный или струйный	1 шт.	Формат А4, чёрно-белая печать
НТО-О4	Флипчарт или доска магнитно-маркерная	1 шт.	Используется из модуля ГЕН

Расходные материалы

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
НТО-Р1	Бумага А4 для печати	пачка	1	Б.1	КТ
НТО-Р2	Картридж для принтера	шт.	1	Б.1	КТ
НТО-Р3	Ручки шариковые синие	шт.	20	Б.1	КТ
НТО-Р4	Карандаши простые	шт.	20	Б.1	КТ
НТО-Р5	Ластики	шт.	10	Б.1	КТ
НТО-Р6	Папки-скоросшиватели	шт.	15	Б.1	КТ
НТО-Р7	Блокноты или тетради А5	шт.	15	Б.1	КТ

Общее оборудование для всех модулей

Оборудование

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОБЩ-О1	Халаты лабораторные	15 шт.	Хлопок или смесовая ткань, размеры по количеству обучающихся
ОБЩ-О2	Халат лабораторный для педагога	1 шт.	Хлопок или смесовая ткань

№	Наименование	Кол-во	Характеристики
ОБЩ-О3	Очки защитные	16 шт.	Поликарбонат, закрытого типа
ОБЩ-О4	Аптечка первой помощи	1 шт.	Укомплектованная согласно требованиям
ОБЩ-О5	Огнетушитель порошковый	1 шт.	ОП-4 или ОП-5
ОБЩ-О6	Шкаф для хранения реактивов	1 шт.	Металлический, с замком, вентилируемый
ОБЩ-О7	Шкаф для хранения оборудования	1 шт.	С полками, закрывающийся
ОБЩ-О8	Стол лабораторный	8 шт.	Рабочая поверхность устойчива к химическим воздействиям
ОБЩ-О9	Стул лабораторный	16 шт.	Регулируемый по высоте
ОБЩ-О10	Раковина с подводкой воды	1 шт.	С краном-смесителем
ОБЩ-О11	Вытяжной шкаф	1 шт.	Для работы с летучими веществами
ОБЩ-О12	Таблица генетического кода (ламинированная)	8 шт.	Формат А4
ОБЩ-О13	Периодическая система элементов Менделеева (плакат)	1 шт.	Формат не менее А1
ОБЩ-О14	Плакат «Строение клетки»	1 шт.	Формат не менее А1
ОБЩ-О15	Плакат «Строение ДНК»	1 шт.	Формат не менее А1
ОБЩ-О16	Плакат «Митоз и мейоз»	1 шт.	Формат не менее А1
ОБЩ-О17	Лабораторный журнал	15 шт.	Тетрадь в клетку 48 листов или специальный журнал

Расходные материалы общего назначения

№	Наименование	Ед. изм.	Кол-во	Частота	Хранение
ОБЩ-Р1	Полотенца бумажные	рулон	10	Б.1	КТ
ОБЩ-Р2	Салфетки бумажные	упак.	5	Б.1	КТ
ОБЩ-Р3	Мешки для мусора 30 л	шт.	50	Б.1	КТ
ОБЩ-Р4	Моющее средство для лабораторной посуды	мл	500	Б.1	КТ
ОБЩ-Р5	Дезинфицирующее средство для поверхностей	мл	500	Б.1	КТ
ОБЩ-Р6	Скотч прозрачный	шт.	2	Б.1	КТ
ОБЩ-Р7	Скотч малярный (бумажный)	шт.	2	Б.1	КТ

Сводная таблица оборудования по модулям

№	Наименование	Кол-во	Модули
1	Микроскоп биологический ученический	8 шт.	КЛ, МБ, БИО
2	Микроскоп биологический с цифровой камерой	1 шт.	КЛ, МБ, БИО
3	Набор готовых микропрепаратов	2 набора	КЛ
4	Камера Горяева	2 шт.	КЛ
5	рН-метр портативный	4 шт.	ХИМ
6	Индикаторная бумага универсальная	10 упак.	ХИМ
7	Весы лабораторные	2 шт.	ХИМ, МБ, МЕТ
8	Магнитная мешалка с подогревом	2 шт.	ХИМ
9	Баня водяная	1 шт.	ХИМ, МБ
10	Термоциклер (амплификатор) для ПЦР	1 шт.	МЕТ
11	Камера для горизонтального электрофореза	1 шт.	МЕТ
12	Источник питания для электрофореза	1 шт.	МЕТ
13	Транслюминатор светодиодный (синий свет)	1 шт.	МЕТ
14	Центрифуга-вортекс настольная	1 шт.	МБ, МЕТ
15	Дозатор механический 2–20 мкл	4 шт.	МЕТ
16	Дозатор механический 20–200 мкл	5 шт.	ХИМ, МБ, МЕТ
17	Дозатор механический 100–1000 мкл	5 шт.	ХИМ, МБ, МЕТ
18	Холодильник с морозильной камерой	1 шт.	МЕТ
19	Микроволновая печь	1 шт.	МЕТ
20	Термостат или сушильный шкаф	1 шт.	МБ, МЕТ
21	Компьютер или ноутбук	15 шт.	РУ, НТО, ОЛ, КОНФ
22	Проектор мультимедийный	1 шт.	РУ, ГЕН, НТО, КОНФ
23	Принтер	1 шт.	НТО, ОЛ, КОНФ
24	Доска магнитно-маркерная	1 шт.	ГЕН, НТО
25	Вытяжной шкаф	1 шт.	ХИМ, МБ
26	Термостат или йогуртница	1 шт.	БИО

Сводная таблица расходных материалов по частоте закупки

Б.1 – Ежегодная закупка

№	Наименование	Модули	Общее кол-во на год
1	Стёкла предметные	КЛ	50 шт.
2	Стёкла покровные 18x18 мм	КЛ	100 шт.
3	Перчатки нитриловые размер S	КЛ, ХИМ, МБ, МЕТ, БИО	120 пар

№	Наименование	Модули	Общее кол-во на год
4	Перчатки нитриловые размер М	КЛ, ХИМ, МБ, МЕТ, БИО	120 пар
5	Пробирки микроцентрифужные 1,5 мл	МБ, МЕТ	400 шт.
6	Пробирки для ПЦР 0,2 мл	МЕТ	200 шт.
7	Наконечники для дозаторов 2-200 мкл универсальные	МЕТ	500 шт.
8	Наконечники для дозаторов 2-200 мкл с фильтром	МЕТ	400 шт.
9	Наконечники для дозаторов 100-1000 мкл универсальные	МЕТ	300 шт.
10	Наконечники для дозаторов 100-1000 мкл с фильтром	МЕТ	100 шт.
11	Зонд-тампон стерильный для буккального эпителия	МЕТ	30 шт.
12	Агароза для электрофореза	МЕТ	100 г
13	Буфер ТАЕ концентрированный 50х	МЕТ	250 мл
14	Буфер для нанесения образцов ДНК 6х	МЕТ	5 мл
15	ДНК-маркёр молекулярной массы 100 п.н.	МЕТ	200 мкл
16	Изопропиловый спирт 99%	МБ, МЕТ	500 мл
17	Вода дистиллированная или деионизированная	ХИМ, МБ, МЕТ	12 л
18	Натрия хлорид	ХИМ, МБ	600 г
19	Сахароза	ХИМ	500 г
20	Кислота уксусная пищевая 9%	ХИМ	200 мл
21	Натрия гидрокарбонат (сода пищевая)	ХИМ	200 г
22	Буфер калибровочный рН 4,01	ХИМ	250 мл
23	Буфер калибровочный рН 7,00	ХИМ	250 мл
24	Набор для проведения ПЦР «Определение резус-фактора человека»	МЕТ	1 компл.
25	Чашки Петри пластиковые стерильные	БИО	20 шт.
26	Фильтровальная бумага	КЛ	30 листов
27	Пипетки Пастера пластиковые 3 мл	КЛ	50 шт.
28	Маркер перманентный тонкий чёрный	МЕТ	10 шт.
29	Клей-карандаш	ГЕН	8 шт.
30	Маркеры цветные (набор)	ГЕН	2 упак.
31	Бумага А4 для печати	НТО, ОЛ, КОНФ	1 пачка
32	Картридж для принтера	НТО, ОЛ, КОНФ	1 шт.
33	Полотенца бумажные	ОБЩ	10 рулонов
34	Мешки для мусора 30 л	ОБЩ	50 шт.
35	Моющее средство для лабораторной посуды	ОБЩ	500 мл

Б.2 – Закупка раз в 2–3 года

№	Наименование	Модули	Кол-во
1	Метиленовый синий раствор 1%	КЛ	50 мл
2	Раствор Люголя	КЛ	50 мл
3	Нейтральный красный раствор 1%	КЛ	25 мл
4	Глицерин	КЛ	50 мл
5	Йод спиртовой раствор 5%	КЛ	50 мл
6	Масло иммерсионное	КЛ	10 мл
7	Калия хлорид	ХИМ	100 г
8	Глюкоза	ХИМ	100 г
9	Кислота соляная раствор 10%	ХИМ	100 мл
10	Натрия гидроксид (гранулы)	ХИМ	100 г
11	Натрия гидрофосфат	ХИМ	100 г
12	Натрия дигидрофосфат	ХИМ	100 г
13	Кислота лимонная	ХИМ	100 г
14	Меди сульфат пентагидрат (медный купорос)	ХИМ	50 г
15	Фенолфталеин раствор 1%	ХИМ	50 мл
16	Метиловый оранжевый раствор 0,1%	ХИМ	50 мл
17	Раствор KCl 3М для хранения электрода pH-метра	ХИМ	100 мл
18	Краситель для визуализации ДНК (GoodView или аналог)	МЕТ	500 мкл
19	Пищевой краситель жидкий (набор 4 цвета)	МЕТ	1 набор
20	Бумага цветная А4 (набор)	ГЕН	3 упак.
21	Пластелин (набор 10 цветов)	ГЕН	2 упак.
22	Бусины пластиковые разных цветов	ГЕН	200 шт.
23	Игральные кости (кубики)	ГЕН	16 шт.
24	Монеты или пластиковые фишки	ГЕН	16 шт.
25	Ножницы канцелярские	ГЕН	8 шт.
26	Линейка 30 см	ГЕН	8 шт.

Б.3 – Закупка с поставкой перед занятиями (скоропортящиеся)

№	Наименование	Модули	Кол-во	Срок закупки
1	Лук репчатый	КЛ	5 шт.	За 1–2 дня до занятия
2	Элодея или другое водное растение	КЛ	5 веточек	За 1–2 дня до занятия
3	Картофель	КЛ	3 шт.	За 1–2 дня до занятия
4	Морковь	КЛ	2 шт.	За 1–2 дня до занятия
5	Герань (пеларгония) в горшке	КЛ	1 шт.	За неделю до занятия
6	Краснокочанная капуста	ХИМ	1 шт.	За 1–2 дня до занятия
7	Чай каркаде	ХИМ	50 г	За неделю до занятия
8	Масло растительное рафинированное	ХИМ	100 мл	За неделю до занятия
9	Бананы	МБ	5 шт.	За 1–2 дня до занятия
10	Клубника или киви	МБ	200 г	За 1–2 дня до занятия

№	Наименование	Модули	Кол-во	Срок закупки
11	Ананасовый сок 100% без добавок	МБ	200 мл	За неделю до занятия
12	Молоко пастеризованное (не стерилизованное)	БИО	1 л	В день занятия
13	Закваска для йогурта или натуральный йогурт	БИО	1 упак.	За 1–2 дня до занятия
14	Дрожжи сухие хлебопекарные	БИО	50 г	За неделю до занятия
15	Сахар	БИО	100 г	За неделю до занятия
16	Мука пшеничная	БИО	200 г	За неделю до занятия

Примечания

1. Количество расходных материалов рассчитано на 15 обучающихся и один учебный год (144 академических часа).
2. При расчёте учтён запас 10–15% на случай повторных экспериментов и брака.
3. Оборудование приобретается один раз и используется на протяжении всего срока реализации программы (не менее 5 лет при надлежащем уходе).
4. Реактивы с ограниченным сроком годности (ферменты, ПЦР-наборы) следует заказывать с учётом сроков проведения соответствующих занятий.
5. Хранение реактивов:
 - КТ (комнатная температура) – в закрытом шкафу при температуре 15–25°C
 - ХОЛ (холодильник) – при температуре +2...+8°C
 - МОП (морозильник) – при температуре минус 18°C и ниже
 - ОГН (вдали от огня) – в металлическом шкафу, отдельно от источников нагрева
 - СВТ (защита от света) – в тёмной таре или в закрытом шкафу
6. Перед началом учебного года необходимо проверить сроки годности всех реактивов и работоспособность оборудования.
7. Изопропиловый спирт используется как замена этилового спирта, который недоступен для закупки образовательными организациями.
8. Бромистый этидий не допускается к использованию в школьных условиях. Для визуализации ДНК применяются безопасные красители (GoodView, GelGreen, SYBR Safe или аналоги).
9. При работе с кислотами, щелочами и другими опасными веществами обязательно использование защитных очков и перчаток под руководством педагога.
10. Все работы с нагревательными приборами и электрооборудованием проводятся под непосредственным контролем педагога.