

Министерство образования и науки Мурманской области  
Государственное автономное негосударственное образовательное учреждение  
Мурманской области «Центр образования «Лапландия»  
Детский технопарк «Кванториум-51»

**ПРИНЯТА**

методическим советом

протокол

от 22.04.2026 № 25

Председатель [подпись] О.А. Бережняк

**УТВЕРЖДЕНА**

приказом ГАНБОУ МО

«ЦО «Лапландия»

от 22.04.2026 № 493

Директор [подпись] С.В. Кулаков



**БИОКВАНТУМ**

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ  
«Методы анализа нуклеиновых кислот»

Срок реализации программы: 1 год

Возраст учащихся: 14-17 лет

Автор- составитель:  
**Икко Наталья Викторовна,**  
к.б.н., зав. сектором  
ДТ «Кванториум»

Мурманск  
2026

**Направленность (профиль) программы:** естественнонаучная.  
**Уровень программы** – базовый.

## **I. Пояснительная записка**

### **1.1 Область применения программы**

Программа может применяться в учреждениях дополнительного образования и общеобразовательных организациях при наличии материально-технического обеспечения и соблюдении санитарных норм.

### **1.2. Нормативно-правовая база разработки и реализации программы**

Программа разработана в соответствии с:

- Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 27 июля 2022 г. № 629 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
- Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»;
- Постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
- Концепцией развития дополнительного образования детей до 2030 года, утверждённой распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.03.2022 № 678-р.

### **1.3. Актуальность, педагогическая целесообразность программы**

#### **Актуальность программы**

Современная молекулярная биология и биотехнология развиваются стремительными темпами: методы анализа ДНК (ПЦР, рестрикция, электрофорез, секвенирование) стали рутинными в медицине, криминалистике, сельском хозяйстве, экологии. Системы редактирования генома CRISPR/Cas открыли новые возможности для терапии наследственных заболеваний и создания устойчивых сортов растений. Однако в школьном образовании эти темы часто остаются на уровне теории. Программа «Методы анализа нуклеиновых кислот» даёт старшеклассникам уникальную возможность на практике освоить реальные молекулярно-

биологические методы, работая с высокотехнологичным оборудованием детского технопарка «Кванториум». Это соответствует задачам Концепции развития дополнительного образования детей до 2030 года (подготовка кадров для наукоёмких отраслей, ранняя профориентация) и решает проблему дефицита школьных лабораторных практикумов по молекулярной биологии.

### **Педагогическая целесообразность**

Программа построена на принципе «обучение через исследование» с использованием кейс-технологий. Каждый кейс («Молекулярные ножницы», «Головоломка из фрагментов ДНК», «Генная гармошка», «Играем в детективов») имитирует реальную научную или практическую задачу (рестрикционное картирование, ПЦР-диагностику, ДНК-дактилоскопию). Учащиеся не просто узнают о методах, а выполняют их самостоятельно: выделяют ДНК, ставят ПЦР, проводят электрофорез, анализируют результаты с помощью программного обеспечения (UGENE, NCBI). Такой подход формирует не только предметные компетенции, но и метапредметные навыки (планирование эксперимента, работа с информацией, публичная защита), что способствует развитию функциональной грамотности.

**Новизна программы** заключается в интеграции «мокрой» лабораторной работы и биоинформатического анализа в рамках одного курса. В отличие от типичных школьных кружков, где либо изучают только теорию, либо выполняют отдельные демонстрационные опыты, данная программа:

- использует полный цикл молекулярно-биологического исследования (выделение ДНК → ПЦР → рестрикция → электрофорез → визуализация → компьютерный анализ последовательностей);
- включает современные методы (CRISPR/Cas, секвенирование, работа с базами данных NCBI, KEGG, BLAST), которые обычно не входят в школьную программу;
- реализуется на оборудовании профессионального уровня (амплификатор, система гель-документирования, спектрофотометр, ламинарный бокс) в условиях детского технопарка.

Таким образом, программа готовит школьников к осознанному выбору профессий в области молекулярной биологии, генетики, биоинформатики и биотехнологии.

**1.4. Цель программы:** создание условий для развития у обучающихся компетенций в области анализа нуклеиновых кислот средствами проектной и исследовательской деятельности на основе кейс-технологий.

## 1.5. Задачи программы

### Обучающие:

- Создать условия для развития понимания биологических процессов на молекулярном уровне и уровне клетки.
- Создать условия для ознакомления с современными методами исследований в молекулярной биологии, формирования представлений о возможностях их использования в научных исследованиях.
- Создать условия для приобретения опыта использования методов биологической науки на практике.
- Создать условия для развития умений безопасного и эффективного использования лабораторного оборудования, проведения точных измерений и адекватной оценки полученных результатов.

### Развивающие:

- Создать условия для развития умения самостоятельно планировать эксперимент, ставить гипотезу, подбирать методы и контролировать выполнение.
- Создать условия для развития навыков анализа, сравнения и интерпретации экспериментальных данных.
- Создать условия для развития коммуникативных навыков при работе в группе.
- Создать условия для дальнейшего развития умений самостоятельно осуществлять поиск информации и представлять ее в письменной и устной форме.
- Содействовать дальнейшему развитию самостоятельной познавательной деятельности.

### Воспитательные:

- Воспитать ответственное отношение к соблюдению техники безопасности и лабораторной этики.
- Сформировать мотивацию к выбору профессий в области молекулярной биологии, генетики, биоинформатики и биотехнологии.
- Развить интерес к современным достижениям науки и понимание их социальной значимости.

**1.6. Адресат программы.** Данная программа предназначена для обучающихся 14-17 лет, успешно окончивших обучение по программам естественнонаучной направленности стартового уровня в детском технопарке «Кванториум» и прошедших экспертную оценку проектов, либо для школьников, успешно прошедших входное тестирование.

Минимальное количество человек в группе – 8. Максимальное количество человек в группе – 10.

**1.7. Формы реализации программы:** очная.

**1.8. Срок освоения программы (модуля):** 1 год.

**Объем программы:** 144 часа

**1.9. Формы организации занятий:** индивидуальная, парная, групповая, коллективная.

**1.10. Режим занятий:** 2 раза в неделю по 2 академических часа.

**1.11. Виды учебных занятий и работ:** лекции, практические работы, лабораторные работы, самостоятельная работа в группах, организационно-деятельностные игры, конференция.

**1.12. Ожидаемые результаты обучения**

***Личностные результаты:***

Обучающийся будет демонстрировать:

- ответственное отношение к соблюдению ТБ и лабораторной этики;
- интерес к современным биотехнологиям и осознанный выбор профиля дальнейшего обучения;
- самостоятельность, целеустремлённость, умение работать в команде;
- критическое отношение к информации, способность отличать научные факты от псевдонауки.

***Метапредметные результаты:***

Обучающийся научится:

- ставить цель, планировать эксперимент, выбирать методику и контролировать её выполнение;
- анализировать и интерпретировать результаты экспериментов;
- оформлять протоколы лабораторных работ, готовить презентацию и публично защищать проект;
- работать в группе, распределять задачи, аргументированно отстаивать свою точку зрения.

***Предметные результаты:***

Обучающийся научится:

- выделять ДНК из разных биологических образцов;
- готовить реакционные смеси и проводить полимеразную цепную реакцию (ПЦР);
- выполнять рестрикционное расщепление ДНК, проводить электрофорез в агарозном геле, анализировать электрофореграммы;
- строить рестрикционные карты по экспериментальным данным;
- применять метод ДНК-дактилоскопии для идентификации образцов;
- работать с биоинформатическими базами данных (NCBI, BLAST) и программой UGENE;
- соблюдать правила техники безопасности в молекулярно-биологической лаборатории, заполнять протоколы.

**1.13. Формы итоговой диагностики:** мини-конференция по защите проектов, презентация (самопрезентация) проектов обучающихся.

## 2. Учебный план

### 2.1. Количество часов по теме с разбивкой на теоретические и практические

№ п/п	Название раздела, темы	Количество часов			Формы аттестации/ контроля
		Всего	Теория	Практика	
1.	Введение в образовательную программу.	2	1	1	Фронтальная (устный опрос)
2.	Командное взаимодействие в проектной деятельности	6	2	4	Фронтальная форма (устный контроль), групповая форма (практический контроль)
3.	Кейс «Молекулярные ножницы»	14	6	8	Комбинированная (практическая проверка)
4.	Кейс «Головоломка из фрагментов ДНК»	18	2	16	Комбинированная (практическая проверка)
5.	Кейс «Генная гармошка»	24	6	18	Комбинированная (практическая проверка)
6.	Кейс «Играем в детективов»	24	4	20	Комбинированная (практическая проверка)
7.	Геномика и прочие омики	14	8	6	Комбинированная (практическая проверка)
8.	Биоинформатика – наука XXI века	40	8	32	Комбинированная (практическая проверка)
9.	Подведение итогов освоения программы	2	0	2	Групповая (практическая проверка) Презентация проектов
	Итого	144	37	107	

### 3. Содержание учебно плана

#### 3.1.Реферативное краткое описание тем программы с указанием теоретических и практических видов занятий и с указанием часов.

##### **Тема 1. Введение в образовательную программу (2 часа)**

###### ***Теория (1 час):***

Современные молекулярно-биологические методы анализа нуклеиновых кислот. Определение нуклеотидной последовательности нуклеиновых кислот. Амплификация фрагментов ДНК с помощью полимеразной цепной реакции. Гибридизация нуклеиновых кислот.

###### ***Практическое занятие (1 час):***

Техника безопасности. Вводный инструктаж.

##### **Тема 2. Командное взаимодействие в проектной деятельности (6 часов)**

*Теория (2 часа):* Способы формирования команд. Основные и недостающие роли в команде. Успешные и неуспешные команды.

*Практика (4 часа):* Тренинг на способность к командному взаимодействию. Тренинг на развитие способности планировать командную работу.

##### **Тема 3. Кейс «Молекулярные ножницы» (14 часов)**

###### ***Теория (6 часов)***

Система рестрикции-модификации бактерий. Ферменты рестрикции, их особенности. Сайты рестрикции. Системы CRISPR/Cas как иммунная система прокариот. Использование систем CRISPR/Cas для редактирования генов.

###### ***Практика (8 часов)***

Работа над кейсом: формулировка проблемы, поиск информации, обсуждение способов решения проблемы.

Знакомство с программным пакетом UGENE. Работа в UGENE с сайтами рестрикции.

##### **Тема 4. Кейс «Головоломка из фрагментов ДНК» (18 часов)**

###### ***Теория (2 часа)***

Введение в рестриционный анализ ДНК. Рестриционное картирование ДНК.

###### ***Практика (16 часов)***

Работа над кейсом: формулировка проблемы, поиск информации, обсуждение способов решения проблемы.

«Рестриционное расщепление ДНК фага лямбда».

Подготовка образцов ДНК, агарозного геля и камеры для электрофореза. Разделение фрагментов ДНК. Окрашивание ДНК. Получение и анализ электрофореграммы. Построение рестриционной карты.

«Рестриционное расщепление плазмиды, экстрагированной из штамма *E.coli* XL1-Blue». Подготовка образцов ДНК, агарозного геля и камеры для

электрофореза. Разделение фрагментов ДНК. Окрашивание ДНК. Получение и анализ электрофореграммы. Построение рестрикционной карты.

### **Тема 5. Кейс «Генная гармошка» (24 часа)**

#### ***Теория (6 часов)***

Репликация ДНК. Амплификация ДНК. Полимеразная цепная реакция (ПЦР).

#### ***Практика (18 часов)***

Работа над кейсом: формулировка проблемы, поиск информации, обсуждение способов решения проблемы.

«Амплификация гена резус-фактора человека».

Правила работы с амплификатором (термоциклером). Подготовка образцов ДНК для ПЦР, постановка ПЦР.

Приготовление агарозного геля для электрофореза. Проведение электрофореза ДНК: подготовка образцов ДНК, настройка камеры для электрофореза, разделение фрагментов ДНК. Окрашивание ДНК.

Получение электрофореграммы и ее анализ.

### **Тема 6. Кейс «Играем в детективов» (24 часа)**

#### ***Теория (4 часа)***

Применение ДНК-технологий в криминалистике. Геномная дактилоскопия.

#### ***Практика (20 часов)***

Формулировка проблемы. Поиск информации. Обсуждение существующих способов решения проблемы.

«Идентификация личности методом ПЦР-анализа»

Подготовка образцов ДНК для ПЦР, постановка ПЦР.

Приготовление агарозного геля для электрофореза. Проведение электрофореза ДНК: подготовка образцов ДНК, настройка камеры для электрофореза, разделение фрагментов ДНК. Окрашивание ДНК. Получение электрофореграммы и ее анализ.

«Фингерпринтинг методом рестрикционного анализа».

Подготовка образцов ДНК и камеры для электрофореза. Разделение фрагментов ДНК. Окрашивание ДНК. Получение и анализ электрофореграммы. Построение рестрикционной карты.

### **Тема 7. Геномика и прочие омики (14 часов)**

#### ***Теория (8 часов)***

История возникновения и развития геномики. Секвенирование нуклеиновых кислот. Программа «Геном человека». Структура генома прокариот и эукариот. Геномика и омиксные технологии.

#### ***Практика (6 часов):***

Решение задач на анализ геномов.

### **Тема 8. Биоинформатика – наука XXI века (40 часов)**

#### ***Теория (8 часов)***

История возникновения биоинформатики. Задачи, методы и перспективы развития.

Биологические базы данных. Биоинформатические программы и сервисы.

***Практика (32 часа)***

Работа с базами данных: NCBI (поиск нуклеотидных и белковых последовательностей), GenBank, UniProt, KEGG (метаболические пути), PDB (трёхмерные структуры белков).

BLAST-поиск – сравнение неизвестной последовательности с глобальными базами данных.

Множественное выравнивание последовательностей, построение филогенетических деревьев (в UGENE или MEGA).

Анализ результатов секвенирования (чтение хроматограмм, сборка контигов).

**Тема 9. Подведение итогов освоения программы (2 часа)**

**3.2. Формы и виды контроля**

- - диагностика эффективности образовательного процесса

**Формы и виды контроля**

**Диагностика эффективности образовательного процесса.**

В ходе реализации программы обучающимися осуществляются диагностические срезы по определению уровня усвоения программы:

Входной контроль – тестирование, проверяющее уровень знаний в области генетики и молекулярной биологии.

Итоговая аттестация проводится в конце обучения в виде конференции, на которой происходит защита проектов.

Результаты контроля фиксируются в диагностической карте.

***Входной контроль***

Материалы тестирования см. в Приложении 2.

Критерии оценки вводной диагностики:

*Низкий уровень* – процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 60 % и ниже.

*Средний уровень* – процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 61–79 %.

*Высокий уровень* – процент правильно выполненных тестовых заданий составляет 80 % и выше.

**- оценка уровней освоения модулей (критерии оценки уровней освоения модулей)**

<b>Уровни</b>	<b>Параметры</b>	<b>Показатели</b>
<b>Высокий уровень (80-100%)</b>	Теоретические знания	Учащиеся глубоко и всесторонне усвоил проблему; уверенно, логично, последовательно и грамотно излагает материал; умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; делает выводы и обобщения; свободно владеет понятиями.
	Практические умения и навыки	Способен применять практические умения и навыки во время выполнения самостоятельных заданий. Работу выполняет с соблюдением правил техники безопасности, аккуратно, доводит ее до конца. Может оценить результаты выполнения своего задания и дать оценку работы своего товарища.
<b>Средний уровень (50-79%)</b>	Теоретические знания	Тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть учащийся освоил проблему, по существу излагает ее, но допускает несущественные ошибки и неточности; слабо аргументирует научные положения; затрудняется в формулировании выводов и обобщений; частично владеет системой понятий.
	Практические умения и навыки	Владеет базовыми навыками и умениями, но не всегда может выполнить самостоятельное задание, затрудняется и просит помощи педагога. В работе допускает небрежность, делает ошибки, но может устранить их после наводящих вопросов или самостоятельно. Оценить результаты своей деятельности может с подсказкой педагога.
<b>Низкий уровень (меньше 50%)</b>	Теоретические знания	Учащийся не усвоил значительной части проблемы, допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее; не может аргументировать научные положения; не формулирует выводов и обобщений; не владеет понятийным аппаратом.
	Практические умения и навыки	Владеет минимальными начальными навыками и умениями. Учащийся способен выполнять каждую операцию только с подсказкой педагога или товарищей. В работе допускает грубые ошибки, не может их найти их даже после указания. Не способен самостоятельно оценить результаты своей работы.

**- Сводная таблица результатов обучения по дополнительной общеразвивающей программе «Методы анализа нуклеиновых кислот»**

Педагог доп. образования Икко Н.В.  
группа № \_\_\_\_\_

№ п/п	ФИ обучающегося	Оценка теоретических знаний	Оценка практических умений и навыков	Итоговая оценка
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

**Показатели освоения дополнительной общеобразовательной программы**

Уровни освоения программы (в %):

Низкий \_\_\_\_\_

Средний \_\_\_\_\_

Высокий \_\_\_\_\_

**4. Комплекс организационно-педагогических условий**

**4.1 Календарный учебный график (приложение № 1 к программе)**

**4.2. Ресурсное обеспечение программы**

**- материально-техническое обеспечение**

Для проведения лекций, семинаров предусмотрен кабинет, оснащенный компьютерной техникой, не менее 1 ПК на 2 ученика, проектором, экраном, магнитно-маркерной доской, магнитно-маркерным флип-чартом.

Лабораторные занятия курса «Методы анализа нуклеиновых кислот» проводятся в учебной лаборатории, предназначенной для подготовки и проведения молекулярно-биологических исследований. Оборудование и техника работ в учебной лаборатории должны соответствовать требованиям, предъявляемым к производственным и другим лабораториям соответствующего профиля.

В состав учебной лаборатории входят: комната для исследований-занятий; автоклавная (стерилизационная); моечная, оборудованная для мытья посуды; препараторская, где проводят подготовку лабораторной посуды и хранят питательные среды; материальная комната – для хранения запасов реактивов, посуды, аппаратуры, приборов, хозяйственного инвентаря. Для

проведения посевов, стерильной разливки сред и других работ с соблюдением правил асептики в помещении для исследований установлен бокс-ламинар.

Для проведения практических занятий необходим свободный доступ к сети «Интернет» и следующее программное обеспечение:

- программа UGENE (ссылка для скачивания <http://ugene.net/download.html>);
- программа PyMOL 3.0 (ссылка для скачивания [PyMOL | pymol.org](http://pymol.org));
- онлайн приложение «CCTop - CRISPR/Cas9 target online predictor» - URL: [CCTop - CRISPR/Cas9 target online predictor \(uni-heidelberg.de\)](http://cctop.uni-heidelberg.de);
- онлайн приложение «RNAfold web server» - URL: <http://rna.tbi.univie.ac.at/cgi-bin/RNAWebSuite/RNAfold.cgi>

**- специальное оборудование:**

1. Бокс абактериальной БАВ ПЦР-"Ламинар-С"
2. Мини-центрифуга «Minispin»
3. Мини-центрифуга/вортекс «Микроспин FV-2400»
4. Персональный вортекс «V-1 plus»
5. Аспиратор «BS-040108-ААG Biosan»
6. Термостат твердотельный ТТ-2-«Термит»
7. Амплификатор (термоциклер) «Termix»
8. Спектрофотометр «NanoPhotometer NP80»
9. Микроволновая печь
10. Камера для электрофореза
11. Источник питания для электрофореза «Эльф»
12. Система гель-документирования «Vilber Lourmat Bio-Print-CX4/20M»
13. Гомогенизатор ультразвуковой UP200St
14. Автоматическая пипетка
15. Наконечники для автоматических пипеток
16. Промывалка
17. Пробирки типа Eppendorf
18. Штативы для микропробирок
19. Штатив подставка для автоматических пипеток
20. Реактивы для молекулярно-биологических работ: образовательные наборы реактивов производства компаний ООО «Живые системы» и ООО «Био-Рад Лаборатории».

**- учебно-методические средства обучения:**

Применяемое на занятиях дидактическое и учебно-методическое обеспечение включает в себя электронные учебники, справочные материалы и системы используемых Программ, Интернет, рабочие тетради обучающихся.

**- информационно-методическое обеспечение:**

/п	Название раздела, темы	Формы организации учебных занятий	Технология организации занятий	Методы и приемы организации занятий	Возможный дидактический материал	Техническое оснащение занятия	Форма подведения итогов
1	Введение образовательную программу.	Лекция, практическая работа	Традиционные технологии	– Словесные методы (устное изложение); – Наглядные методы (метод демонстраций, метод иллюстраций);	Презентация, видео	Компьютер, проектор	Фронтальная (устный опрос)
2	Введение в проектную деятельность	Лекция, работа в малых группах, дискуссия	Компьютерные технологии, проектные технологии, технологии сотрудничества	– Словесные методы (дискуссия) – Методы проблемного обучения (частично-поисковый, исследовательский, познавательное проблемное изложение, диалогическое проблемное изложение,)	Видео, презентации компьютерные симуляции и т.д.	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно-маркерный, фломастеры, фотоаппарат	Фронтальная (устный опрос). Групповая (практическая проверка)
3	Кейс «Молекулярные ножницы»	Лекция, самостоятельная работа в группах, дискуссия	Традиционные технологии, проектные технологии, технологии развивающего обучения, технологии сотрудничества	– Словесные методы (лекция, дискуссия) – Методы проблемного обучения (частично-поисковый, исследовательский, познавательное проблемное изложение, диалогическое проблемное изложение,)	Видео, презентации, компьютерные симуляции и т.д.	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно-маркерный, фломастеры, фотоаппарат	Комбинированная (практическая проверка)
4	Кейс «Головоломка из фрагментов ДНК»	Лекция, лабораторная работа, самостоятельная работа в группах	Традиционные технологии, проектные технологии, технологии развивающего обучения, технологии сотрудничества	– Словесные методы (лекция, дискуссия) – Методы проблемного обучения (частично-поисковый, исследовательский, познавательное проблемное изложение, диалогическое проблемное изложение,)	Видео, презентации, компьютерные симуляции и т.д.	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно-маркерный, фломастеры, фотоаппарат	Комбинированная (практическая проверка)
5	Кейс «Генная гармошка»	Лекция, лабораторная работа, самостоятельная	Традиционные технологии, проектные технологии, технологии	– Словесные методы (устное изложение,	Презентации, видео, компьютерные	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно-маркерный,	Комбинированная (практическая проверка)

		работа в группах	развивающего обучения, технологии сотрудничества	объяснение, дискуссия); – Наглядные методы (метод демонстраций, метод иллюстраций; приёмы работы на оборудовании); – Методы практического обучения (лабораторные, практические работы) – Методы проблемного обучения (частично-поисковый, исследовательский)	симуляции, протоколы опытов	фотоаппарат, оборудование для молекулярно-биологических работ, химические реактивы	
6	Кейс «Играем в детективов»	Лекция, лабораторная работа, самостоятельная работа в группах	Традиционные технологии, проектные технологии, технологии развивающего обучения, технологии сотрудничества	– Словесные методы (устное изложение, объяснение, дискуссия); – Наглядные методы (метод демонстраций, метод иллюстраций; приёмы работы на оборудовании); – Методы практического обучения (лабораторные, практические работы) – Методы проблемного обучения (частично-поисковый, исследовательский)	Презентации, видео, компьютерные симуляции, протоколы опытов	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно-маркерный, фотоаппарат, оборудование для молекулярно-биологических работ, химические реактивы	Комбинированная (практическая проверка)
7	Геномика и прочие омики	Лекция, практическая работа	Традиционные технологии, технологии развивающего обучения, технологии сотрудничества, компьютерные технологии	– Словесные методы (беседа, дискуссия); – Наглядные методы (метод демонстраций) – Методы проблемного обучения (частично-поисковый)	Презентации, видеоматериалы	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно-маркерный, фломастеры, фотоаппарат	Комбинированная (практическая проверка)
8	Биоинформатика – наука XXI века	Лекция, практическая работа	Традиционные технологии, технологии развивающего обучения, технологии	– Словесные методы (беседа, дискуссия); – Наглядные методы	Презентации, видеоматериалы	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно-маркерный, фломастеры,	Комбинированная (практическая проверка)

			сотрудничества, компьютерные технологии	(метод демонстраций) — Методы проблемного обучения (частично-поисковый) —		фотоаппарат	
9	Подведение итогов освоения программы	Мини-конференция	Проектные технологии, компьютерные технологии	— Словесные методы (беседа, дискуссия); — Наглядные методы (метод демонстраций) — Методы проблемного обучения <b>(сообщающее изложение с элементами проблемности, диалогическое проблемное изложение)</b> —	Презентации	Компьютер, проектор, флипчарт магнитно- маркерный, фломастеры, фотоаппарат	Групповая (устный контроль)

## **5. Рабочая программа воспитания**

**Цель воспитания** – создание условий для воспитания гармонично развитой и социально ответственной личности на основе духовно-нравственных ценностей народов Российской Федерации, исторических и национально-культурных традиций»

### **Задачи:**

- воспитание положительных морально-волевых качеств: ответственности, дисциплинированности, честности, трудолюбия, самостоятельности;
- формирование доброжелательного отношения к товарищам, уважительного отношения к результатам своих достижений и достижениям других;
- формирование духовно-нравственных качеств социально активной личности, воспитание трудолюбия, инициативности и настойчивости в преодолении трудностей;
- формирования экологического мышления, а также установки на бережное отношение к природным ресурсам и готовности к активной деятельности по сохранению окружающей среды;

### **Целевые ориентиры воспитания:**

- формирование интереса к науке, к истории естествознания;
- формирование познавательных интересов, ценностей научного познания;
- формирование понимания значения науки в жизни российского общества;
- формирование интереса к личностям деятелей российской и мировой науки;
- формирование ценностей научной этики, объективности;
- формирование понимания личной и общественной ответственности учёного, исследователя;
- формирование стремления к достижению общественного блага посредством познания, исследовательской деятельности;
- формирование уважения к научным достижениям российских учёных;
- формирование понимания ценностей рационального природопользования;
- формирование опыта участия в значимых научно-исследовательских проектах;
- формирование воли, дисциплинированности в исследовательской деятельности.

### **Формы и методы воспитания**

Основной формой воспитания и обучения детей в системе дополнительного образования является **учебное занятие**. В ходе учебных занятий в соответствии с предметным и метапредметным содержанием программ обучающиеся: усваивают информацию, имеющую воспитательное значение; получают опыт деятельности, в которой формируются, проявляются и утверждаются ценностные, нравственные ориентации; осознают себя способными к нравственному выбору; участвуют в освоении и формировании среды своего личностного развития, творческой самореализации.

**Практические занятия** способствуют усвоению и применению правил поведения и коммуникации, формированию позитивного и конструктивного отношения к событиям, в которых они участвуют, к членам своего коллектива.

**Участие в проектах и исследованиях** способствует формированию умений в области целеполагания, планирования и рефлексии, укрепляет внутреннюю дисциплину, даёт опыт долгосрочной системной деятельности.

**Итоговые мероприятия** (конкурсы, соревнования, выставки, выступления, презентации проектов и исследований) способствуют закреплению ситуации успеха, развивают рефлексивные и коммуникативные умения, ответственность, благоприятно воздействуют на эмоциональную сферу детей.

**Методы оценки результативности реализации программы в части воспитания:**

- педагогическое наблюдение
- оценка творческих и исследовательских работ и проектов экспертным сообществом с точки зрения воспитательных результатов

Календарный план воспитательной работы в Приложении 3.

## 6. Список литературы

### - для педагога

1. Белова Т. Г. Исследовательская и проектная деятельность учащихся в современном образовании // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, 2008. – Выпуск № 76-2. – С. 30 – 35.
2. Биохимия : учебник / под ред. Е. С. Северина. - 5-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 768 с.
3. Бисерова Н.М. Методы визуализации биологических ультраструктур. – М.: Издательство «КМК», 2013 – 104 с.
4. Букатов В.М., Ершова А.П. Нескучные уроки: обстоятельное изложение социо/игровых технологий обучения. Пособие для учителей физики, математики, географии, биологии и химии. – СПб.:Школьная лига, 2013. – 240 с.
5. Гусев М. В. Микробиология: Учебник для студ. биол. специальностей вузов / М.В. Гусев, Л. А.Минеева. - 4-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 464 с.
6. Джеральд М. Фаллер, Деннис Шилдс . Молекулярная биология клетки – М.: Бином, 2011 – 256 с.
7. Иванищев В.В.Молекулярная биология : учебник / В.В. Иванищев. — 2-е изд. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2020. — (Высшее образование). — 233 с.
8. Кузнецов И. Н. Научное исследование: методика проведения и оформление. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2004.
9. Конищев, А. С. Молекулярная биология : учебник для вузов / А. С. Конищев, Г. А. Севастьянова, И. Л. Цветков. — 5-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 422 с.
- 10.Костерин, О. Э. Основы генетики: учебник. 2-е изд., перераб. / О. Э. Костерин; Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2022. - 650 с.
- 11.Мушкамбаров Н.Н., Кузнецов С.Л. Молекулярная биология. Введение в молекулярную цитологию и гистологию: Учебное пособие для студентов медицинских вузов / Н.Н. Мушкамбаров, С.Л. Кузнецов. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2016. — 664 с.
- 12.Юшков А.Н. Учебные проекты на материале естественнонаучных дисциплин. Из методического опыта программы «Школьная Лига РОСНАНО». – СПб.: Школьная лига, 2015. – 106 с.
- 13.Korf I., Yandell M., Bedell J. BLAST - O'Reilly, 2003. - 360 p.
- 14.Notredame C. Bioinformatics For Dummies. — 2nd ed. — Wiley, 2007. – 1161.
- 15.Pevsner J. Bioinformatics and Functional Genomics. — 3 ed. — Wiley, 2015. – 453 p.

**- для учащихся и родителей**

1. Аульченко Ю.С., Баттулин Н.Р. и др. Практическая молекулярная генетика для начинающих: 8-9 классы: учебное пособие / / под ред. П.М. Бородина, Е.Н. Ворониной. — М. : Просвещение, 2023. - 271 с.
2. Биохимия : учебник / под ред. Е. С. Северина. - 5-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 768 с.
3. Джеральд М. Фаллер, Деннис Шилдс . Молекулярная биология клетки – М.: Бином, 2011 – 256 с.
4. Иванищев В.В.Молекулярная биология : учебник / В.В. Иванищев. — 2-е изд. — Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2020. — (Высшее образование). — 233 с.
5. Костерин, О. Э. Основы генетики: учебник. 2-е изд., перераб. / О. Э. Костерин; Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2022. - 650 с.
6. Кузнецов И. Н. Научное исследование: методика проведения и оформление. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2004.
7. Леонтович А. В., Калачихина О. д., Обухов А. С. Тренинг «Самостоятельные исследования школьников». — М., 2003.
8. Микробиология: методическое пособие для 10-11 классов/ А.И. Нетрусов, И.Б. Котова.-М: Бином. Лаборатория знаний, 2013.
9. Микробиология: практикум для 10-11 классов А.И. Нетрусов, И.Б. Котова – М.:БИНОМ, Лаборатория знаний, 2013.
- 10.Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / ред. К. Уилсон и Дж. Уолкер ; пер. с англ.—2-е изд. (эл.).— Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 855 с.).—М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
- 11.Рис Э., Стернберг М. Введение в молекулярную биологию: От клеток к атомам:Пер. с англ. — М.: Мир, 2002. — 142 с.

**Научно-популярные статьи**

1. Артамонова И., Гоглева А. CRISPR-системы: иммунизация прокариот /Биомолекула - <https://biomolecula.ru/articles/crispr-sistemy-immunizatsiia-prokariot>.
2. Биоинформатика: виртуальный эксперимент в шаге от реальности / Наука и жизнь – 2004. - № 11. – URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/310/>
3. Биоинформатика - наука XXI века (видео) - URL: [https://www.youtube.com/watch?v=R6\\_19X6fNPU](https://www.youtube.com/watch?v=R6_19X6fNPU)
4. Джагаров Д.Э. Умные ножницы для ДНК / Химия и жизнь – 2014 – № 7 - [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/432418/Umnye\\_nozhnitsy\\_dlya\\_DNK](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/432418/Umnye_nozhnitsy_dlya_DNK).
5. Гельфанд М.С. Что может биоинформатика / Химия и жизнь. – 2009. - № 9. - URL: [https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya\\_biblioteka/430895/Chto\\_mozhet\\_bioinformatika](https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/430895/Chto_mozhet_bioinformatika)
6. Серия статей «12 методов в картинках» / Биомолекула. — 2017–2024. — Обновляемая серия наглядных материалов по ПЦР, секвенированию, CRISPR/Cas и другим методам.

7. 12 методов в картинках: генная инженерия. Часть I, историческая. Волкова О., Пташник О. / Биомолекула. – 2017. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-gennaia-inzheneriia-chast-i-istoricheskaja>
8. 12 методов в картинках: генная инженерия. Часть II: инструменты и техники. Волкова О., Пташник О. / Биомолекула. – 2017. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-gennaia-inzheneriia-chast-ii-instrumenty-i-tehniki>
9. 12 методов в картинках: полимеразная цепная реакция. Панов А., Пташник О. / Биомолекула – 2017 г. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-polimeraznaia-tsepnaia-reaktsiia>
10. 12 методов в картинках: секвенирование нуклеиновых кислот. Недолужко А., Пташник О. / Биомолекула. – 2017. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-sekvenirovanie-nukleinovykh-kislot>
11. 12 методов в картинках: протеомика. Мошковский С., Пташник О. / Биомолекула – 2017. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-proteomika>
12. 12 методов в картинках: «сухая» биология. Табакмахер В., Пташник О. / Биомолекула – 2017. – URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-sukhaia-biologiia>
13. Шмонин, А.В., Комаристая, В.П. Геномная дактилоскопия: ДНК-технологии в криминалистике // Биологический вестник. - 2001. - Т.5, №1-2. - С. 3-16. - URL: <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/10496>

#### **Видео:**

1. Создание множественного выравнивания последовательностей из файла формата FASTA – видео - URL: [https://vk.com/video-74359225\\_169913986](https://vk.com/video-74359225_169913986)
2. Работа с последовательностью: основные операции, часть 1 – видео - URL: [https://vk.com/video-74359225\\_169913996](https://vk.com/video-74359225_169913996)
3. Поиск повторов в последовательности ДНК с помощью UGENE – видео - URL: [https://vk.com/video-74359225\\_169981847](https://vk.com/video-74359225_169981847)
4. Поиск сайтов рестрикции в UGENE – видео - URL: [https://vk.com/video-74359225\\_169934704](https://vk.com/video-74359225_169934704)
5. Работа с множественным выравниванием последовательностей, основы – видео - URL: [https://vk.com/video-74359225\\_169914004](https://vk.com/video-74359225_169914004)
6. Работа с Open Reading Frames (ORF-ы) в UGENE – видео - URL: [https://vk.com/video-74359225\\_169981845](https://vk.com/video-74359225_169981845)
7. Методы построения филогенетических деревьев – видео - URL: [https://vk.com/video-74359225\\_170064984](https://vk.com/video-74359225_170064984)
8. Лекции «Генная инженерия в школе» - URL: [https://www.youtube.com/@gen\\_eng](https://www.youtube.com/@gen_eng)
9. Северинов К. Изменится ли человек через 50 лет? / Постнаука - URL: <https://postnauka.ru/animate/154870>

10. Северинов К. Редактирование генома с CRISPR/Cas9 / Постнаука - URL: <https://postnauka.org/faq/59807>
11. Секвенирование ДНК (2023) — Видеолекция - URL: <https://rutube.ru/video/6dfc5eb75355559e4a9da0f0b2cef37e/?playlist=347717>

#### **Электронные ресурсы:**

1. NCBI (National Center for Biotechnology Information) — <https://www.ncbi.nlm.nih.gov> — Крупнейшая база данных нуклеотидных и белковых последовательностей.
2. UGENE — <http://ugene.net> — Бесплатное кроссплатформенное ПО для биоинформатического анализа.
3. BLAST — <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov> — Поиск гомологичных последовательностей.
4. CCTop — CRISPR/Cas9 target online predictor — <https://cctop.cos.uni-heidelberg.de> — Онлайн-сервис для подбора направляющих РНК.
5. Биомолекула — <https://biomolecula.ru> — Научно-популярный портал о молекулярной биологии и биотехнологиях.
6. Постнаука — <https://postnauka.ru> — Образовательный проект с лекциями и видео по современной науке.

**Приложение 2****Вопросы вводной диагностики**

**Выберите один верный ответ из четырех**

1. Любой ген в клетке представляет собой
  - 1) молекулу АТФ, богатую энергией
  - 2) молекулу ДНК в соединении с белками
  - 3) одну нить молекулы ДНК, состоящую из множества нуклеотидов
  - 4) отрезок молекулы ДНК, контролирующей синтез одной полипептидной цепи
  
2. Реакции окисления органических веществ в клетке, сопровождаемые синтезом молекул АТФ за счет освобождаемой энергии, называют
  - 1) энергетическим обменом
  - 2) пластическим обменом
  - 3) фотосинтезом
  - 4) хемосинтезом
  
3. Рибосомная РНК синтезируется в основном в
  - 1) ядрышке
  - 2) рибосомах
  - 3) митохондриях
  - 4) лизосомах
  
4. Синтез какого вещества происходит в ядре?
  - 1) белка
  - 2) глюкозы
  - 3) иРНК
  - 4) липида
  
5. Для всех живых существ на Земле генетический код един, поэтому его считают
  - 1) триплетным
  - 2) однозначным
  - 3) прерывающимся
  - 4) универсальным
  
6. Антикодону УГЦ на транспортной РНК соответствует триплет на ДНК
  - 1) ТГЦ
  - 2) АГЦ
  - 3) ТЦГ
  - 4) АЦГ

7. Строго фиксированное начало считывания наследственной информации имеет

- 1) ген в цепи ДНК
- 2) ген в цепи рРНК
- 3) молекула тРНК
- 4) молекула белка

8. В конце каждого гена находится триплет, который не кодирует ни одной аминокислоты и обозначает прекращение синтеза

- 1) одной белковой цепи
- 2) нескольких молекул белка
- 3) синтеза ДНК
- 4) синтеза иРНК

9. В процессе дыхания энергия может переходить из

- 1) химической в тепловую
- 2) механической в тепловую
- 3) тепловой в химическую
- 4) тепловой в механическую

10. Какие вещества синтезируются в клетках человека из аминокислот?

- 1) фосфолипиды
- 2) углеводы
- 3) витамины
- 4) белки

11. Информация о порядке расположения аминокислот в молекулах белка, записанная с помощью последовательности нуклеотидов в ДНК, - это

- 1) генетический код
- 2) генофонд
- 3) триплет
- 4) генотип

12. Каждый триплет кодирует всего одну аминокислоту, поэтому код считают

- 1) универсальным
- 2) триплетным
- 3) однозначным
- 4) вырожденным

13. Хранителем наследственности в клетке являются молекулы ДНК, так как в них закодирована информация о

- 1) составе полисахаридов
- 2) структуре молекул липидов
- 3) первичной структуре молекул белка
- 4) строении аминокислот

14. Большую роль в биосинтезе белка играет тРНК, которая

- 1) служит матрицей для синтеза белка

- 2) служит местом для сборки полипептидной цепи
- 3) переносит информацию из ядра к рибосомам
- 4) доставляет аминокислоты к рибосомам

15. В рибосомах животной клетки протекает процесс

- 1) хемосинтеза
- 2) биосинтеза
- 3) фотосинтеза
- 4) гликолиза

16. В молекуле ДНК количество нуклеотидов с гуанином составляет 15% от общего числа.

Доля нуклеотидов с тиминном в этой молекуле составит

- 1) 30%
- 2) 35%
- 3) 70%
- 4) 85%

17. Последовательность аминокислот в молекуле белка может не измениться при замене одного нуклеотида на другой в молекуле ДНК, благодаря следующему свойству кода

- 1) вырожденности
- 2) универсальности
- 3) однозначности
- 4) триплетности.

18. Для соединения одной молекулы аминокислоты с тРНК необходима энергия ... молекул АТФ

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

19. Определите количество молекул аминокислот в полипептиде, если иРНК содержит 360 нуклеотидов

- 1) 120
- 2) 360
- 3) 720
- 4) 1080

20. В жизненном цикле клетки процессы транскрипции осуществляются в

- 1) интерфазе
- 2) профазе
- 3) метафазе
- 4) телофазе

## Календарный план воспитательной работы

№ п/п	Название события, мероприятия	Сроки	Форма проведения
1.	День знаний	1 сентябрь	Беседа
2.	День города-героя Мурманска	4 октября	Просмотр видеофильма
3.	Всемирный день науки	10 ноября	Встреча с ученым
4.	День российской науки	8 февраля	Встреча с ученым
5.	Международный день женщин и девочек в науке	11 февраля	Встреча с ученым
6.	Международный день ДНК	25 апреля	Урок генетики
7.	Международный день полета человека в космос	12 апреля	Беседа, просмотр видеофильма
8.	Международный день Матери-Земли	22 апреля	Беседа, просмотр видеофильма
9.	День биолога	Последняя суббота апреля	Встреча с ученым

**Кейс 1. «Молекулярные ножницы» (14 часов)****Проблемная ситуация**

Учёным и врачам часто требуется «вырезать» определённый фрагмент из молекулы ДНК или, наоборот, вставить в неё новый ген. В природе для защиты от вирусов бактерии используют специальные ферменты – рестриктазы, которые узнают короткие последовательности ДНК (сайты рестрикции) и разрезают ДНК в этих местах. Позже эти ферменты стали называть «молекулярными ножницами». А в последние годы появилась ещё более точная система редактирования генома – CRISPR/Cas9, которая позволяет вносить изменения в ДНК практически любого организма.

Вам предстоит разобраться, как работают эти «ножницы», научиться находить сайты рестрикции в заданных последовательностях ДНК с помощью компьютерных программ и спроектировать собственную направляющую РНК для редактирования гена.

**Педагогическая ситуация**

Уровень кейса – 1–2 (поиск информации, углублённое исследование с использованием биоинформатических инструментов).

Кейс занимает 14 часов: 6 часов теории + 8 часов практики.

**Место в программе** – первый практический кейс, знакомит учащихся с ферментами рестрикции и CRISPR/Cas, закладывает основы работы в программе UGENE.

**Что делают учащиеся**

- Изучают принцип работы рестриктаз (типы, сайты узнавания, липкие и тупые концы).
- Знакомятся с системой CRISPR/Cas как иммунной системой прокариот и инструментом генного редактирования.
- Осваивают программу UGENE: загружают нуклеотидную последовательность (например, ген  $\beta$ -глобина или плазмиду), находят все сайты рестрикции для заданных рестриктаз.
- С помощью онлайн-сервиса CCTop подбирают направляющую РНК для CRISPR/Cas9, нацеленную на определённый ген.
- Анализируют возможные off-target эффекты (неспецифическое редактирование).
- Оформляют отчёт: таблица найденных сайтов рестрикции, схема выбранной CRISPR-мишени.

**Результат – учащийся умеет:**

- объяснять механизм работы рестриктаз и CRISPR/Cas9;
- находить сайты рестрикции в последовательности ДНК с помощью UGENE;
- подбирать направляющую РНК для редактирования заданного гена.

**Кейс 2. «Головоломка из фрагментов ДНК» (18 часов)****Проблемная ситуация**

Вы получили образец ДНК неизвестной плазмиды (небольшой кольцевой молекулы ДНК). Чтобы определить её структуру и расположение генов, нужно составить рестрикционную карту – схему, на которой указаны расстояния между сайтами рестрикции. Для этого вы обработаете ДНК разными рестриктазами по отдельности и в комбинациях, разделите полученные фрагменты с помощью гель-электрофореза и, подобно детективу, восстановите карту по длинам фрагментов.

**Педагогическая ситуация**

Кейс знакомит с классическим методом рестрикционного картирования. Объем – 18 часов (2 часа теории, 16 часов практики).

Уровень сложности – средний: учащиеся уже умеют работать с UGENE (из первого кейса) и теперь применяют знания в реальной лабораторной работе.

#### **Что делают учащиеся**

- Получают ДНК фага  $\lambda$  (лямбда) или плазмиду *E. coli* XL1-Blue.
- Готовят агарозный гель, собирают камеру для электрофореза.
- Проводят рестрикционное расщепление: смешивают ДНК с буфером и рестриктазой (*EcoRI*, *HindIII* и др.), инкубируют в термостате.
- Загружают образцы в гель, проводят электрофорез (разделение фрагментов по длине).
- Окрашивают гель бромистым этидием (или другим красителем), фотографируют в системе гель-документирования.
- Анализируют электрофореграмму: определяют длину фрагментов по маркеру (лестнице ДНК).
- Строят рестрикционную карту плазмиды / фага.
- Сравнивают полученную карту с теоретической (из базы данных GenBank).

#### **Результат – учащийся умеет:**

- выделять ДНК и подготавливать её для рестрикции;
- проводить электрофорез и интерпретировать электрофореграмму;
- строить рестрикционную карту по экспериментальным данным.

### **Кейс 3. «Генная гармошка» (20 часов)**

#### **Проблемная ситуация**

В клетке постоянно происходит репликация ДНК – удвоение генома. Но как получить миллиарды копий конкретного гена в пробирке? Это позволяет полимеразная цепная реакция (ПЦР) – метод, который многократно увеличивает количество заданного фрагмента ДНК. Вы – сотрудник диагностической лаборатории. Вам необходимо проверить, есть ли у пациента ген резус-фактора (или другой маркер). Для этого нужно выделить ДНК из буккального эпителия, поставить ПЦР и проанализировать результат.

#### **Педагогическая ситуация**

Кейс посвящён одному из самых важных методов молекулярной биологии – ПЦР. Объем – 20 часов (4 часа теории, 16 часов практики).

Учащиеся работают с амплификатором (термоциклером) и осваивают весь цикл: выделение ДНК → постановка ПЦР → электрофорез → анализ.

#### **Что делают учащиеся**

- Берут образец ДНК человека (соскоб с внутренней стороны щеки) или готовую ДНК.
- Готовят ПЦР-смесь: буфер, праймеры (для гена резус-фактора), нуклеотиды (dNTP), Taq-полимеразу, ДНК-матрицу.
- Программируют термоциклер (температуры и время денатурации, отжига праймеров, элонгации).
- Запускают ПЦР (около 30–35 циклов).
- Анализируют продукты ПЦР с помощью электрофореза в агарозном геле.
- Сравнивают электрофореграмму с положительным и отрицательным контролем.
- Делают вывод о наличии или отсутствии целевого гена.

**Результат – учащийся умеет:**

- выделять ДНК из клеток человека;
- готовить ПЦР-смесь и настраивать термоциклер;
- интерпретировать результаты ПЦР по электрофореграмме.

**Кейс 4. «Играем в детективов» (24 часа)****Проблемная ситуация**

В криминалистике часто требуется установить, принадлежит ли биологический след (кровь, волосы, слюна) конкретному человеку. Для этого используется ДНК-дактилоскопия (геномная дактилоскопия, или фингерпринтинг). У каждого человека (кроме однойцевых близнецов) уникальный набор длин VNTR- и STR-локусов. Вы – команда криминалистов. Вам предоставлены образцы ДНК с места преступления и подозреваемых. Необходимо методом ПЦР и рестрикционного анализа определить, чей профиль ДНК совпадает со следом.

**Педагогическая ситуация**

Самый объёмный кейс (24 часа: 4 часа теории, 20 часов практики), завершающий лабораторную часть. Уровень сложности – высокий: учащиеся комбинируют все ранее освоенные методы (выделение ДНК, ПЦР, рестрикцию, электрофорез) и решают практическую задачу из области криминалистики.

**Что делают учащиеся**

- Получают «образцы с места преступления» и от подозреваемых (могут быть смоделированы или реальные – ДНК разных людей).
- Проводят ПЦР-анализ STR-локусов (например, амплификация фрагментов с переменным числом повторов).
- Разделяют продукты ПЦР с помощью электрофореза в полиакриламидном или агарозном геле высокого разрешения.
- Сравнивают полученные «дорожки» – как штрих-коды.
- Альтернативно (или дополнительно) выполняют рестрикционный фингерпринтинг: ДНК обрабатывают рестриктазой, которая разрезает ДНК на множество фрагментов разной длины, затем проводят электрофорез и сравнивают паттерны полос.
- Анализируют электрофореграммы, выявляют совпадение профиля следа с одним из подозреваемых.
- Оформляют заключение (протокол экспертизы) и презентуют результаты на мини-конференции.

**Результат – учащийся умеет:**

- применять ПЦР и рестрикционный анализ для идентификации личности;
- сравнивать электрофоретические профили ДНК;
- делать обоснованный вывод о принадлежности биологического образца;
- оформлять заключение в формате, приближенном к реальной экспертизе.