

Приложение № 23  
к Основной общеобразовательной  
программе – образовательной  
программе среднего общего  
образования, утвержденной  
приказом директора МАОУ СОШ №  
85 от 31.08.2023 № 165/ОД

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОГО КУРСА «Генетика»  
10 класс**

# 1. Планируемые результаты освоения учебного курса

## Личностные результаты

*Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к себе, к своему здоровью, к познанию себя:*

– ориентация обучающихся на достижение личного счастья, реализацию позитивных жизненных перспектив, инициативность, креативность, готовность и способность к личностному самоопределению, способность ставить цели и строить жизненные планы;

– готовность и способность обеспечить себе и своим близким достойную жизнь в процессе самостоятельной, творческой и ответственной деятельности;

– готовность и способность обучающихся к отстаиванию личного достоинства, собственного мнения, готовность и способность вырабатывать собственную позицию по отношению к общественно-политическим событиям прошлого и настоящего на основе осознания и осмысления истории, духовных ценностей и достижений нашей страны;

– готовность и способность обучающихся к саморазвитию и самовоспитанию в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества, потребность в физическом самосовершенствовании, занятиях спортивно-оздоровительной деятельностью;

– принятие и реализация ценностей здорового и безопасного образа жизни, бережное, ответственное и компетентное отношение к собственному физическому и психологическому здоровью;

– неприятие вредных привычек: курения, употребления алкоголя, наркотиков.

*Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к России как к Родине (Отечеству):*

– российская идентичность, способность к осознанию российской идентичности в поликультурном социуме, чувство причастности к историко-культурной общности российского

народа и судьбе России, патриотизм, готовность к служению Отечеству, его защите;

– уважение к своему народу, чувство ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, прошлое и настоящее многонационального народа России, уважение к государственным символам (герб, флаг, гимн);

– формирование уважения к русскому языку как государственному языку Российской Федерации, являющемуся основой российской идентичности и главным фактором национального самоопределения;

– воспитание уважения к культуре, языкам, традициям и обычаям народов, проживающих в Российской Федерации.

*Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к закону, государству и к гражданскому обществу:*

– гражданственность, гражданская позиция активного и ответственного члена российского общества, осознающего свои конституционные права и обязанности, уважающего закон и правопорядок, осознанно принимающего традиционные национальные и общечеловеческие гуманистические и демократические ценности, готового к участию в общественной жизни;

– признание неотчуждаемости основных прав и свобод человека, которые принадлежат каждому от рождения, готовность к осуществлению собственных прав и свобод без нарушения прав и свобод других лиц, готовность отстаивать собственные права и свободы человека и гражданина согласно общепризнанным принципам и нормам международного права и в соответствии с Конституцией Российской Федерации, правовая и политическая грамотность;

– мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и общественной практики, основанное на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире;

–интериоризация ценностей демократии и социальной солидарности, готовность к договорному регулированию отношений в группе или социальной организации;

–готовность обучающихся к конструктивному участию в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах общественной самоорганизации, самоуправления, общественно значимой деятельности;

–приверженность идеям интернационализма, дружбы, равенства, взаимопомощи народов; воспитание уважительного отношения к национальному дост

–оинству людей, их чувствам, религиозным убеждениям;

–готовность обучающихся противостоять идеологии экстремизма, национализма, ксенофобии; коррупции; дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам и другим негативным социальным явлениям.

*Личностные результаты в сфере отношений обучающихся с окружающими людьми:*

–нравственное сознание и поведение на основе усвоения общечеловеческих ценностей, толерантного сознания и поведения в поликультурном мире, готовности и способности вести диалог с другими людьми, достигать в нем взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения;

–принятие гуманистических ценностей, осознанное, уважительное и доброжелательное отношение к другому человеку, его мнению, мировоззрению;

–способность к сопереживанию и формирование позитивного отношения к людям, в том числе к лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам; бережное, ответственное и компетентное отношение к физическому и психологическому здоровью других людей, умение оказывать первую помощь;

–формирование выраженной в поведении нравственной позиции, в том числе способности к сознательному выбору добра, нравственного сознания и поведения на основе усвоения

общечеловеческих ценностей и нравственных чувств (чести, долга, справедливости, милосердия и дружелюбия);

–развитие компетенций сотрудничества со сверстниками, детьми младшего возраста, взрослыми в образовательной, общественно полезной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности.

*Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к окружающему миру, живой природе, художественной культуре:*

–мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки, значимости науки, готовность к научно-техническому творчеству, владение достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества;

–готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;

–экологическая культура, бережное отношения к родной земле, природным богатствам России и мира; понимание влияния социально-экономических процессов на состояние природной и социальной среды, ответственность за состояние природных ресурсов; умения и навыки разумного природопользования, нетерпимое отношение к действиям, приносящим вред экологии; приобретение опыта эколого-направленной деятельности;

–эстетическое отношения к миру, готовность к эстетическому обустройству собственного быта.

*Личностные результаты в сфере отношений обучающихся к семье и родителям, в том числе подготовка к семейной жизни:*

–ответственное отношение к созданию семьи на основе осознанного принятия ценностей семейной жизни;

–положительный образ семьи, родительства (отцовства и материнства), интериоризация традиционных семейных ценностей.

*Личностные результаты в сфере отношения обучающихся к труду, в сфере социально-экономических отношений:*

– уважение ко всем формам собственности, готовность к защите своей собственности,

– осознанный выбор будущей профессии как путь и способ реализации собственных жизненных планов;

– готовность обучающихся к трудовой профессиональной деятельности как к возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем;

– потребность трудиться, уважение к труду и людям труда, трудовым достижениям, добросовестное, ответственное и творческое отношение к разным видам трудовой деятельности;

– готовность к самообслуживанию, включая обучение и выполнение домашних обязанностей.

*Личностные результаты в сфере физического, психологического, социального и академического благополучия обучающихся:*

– физическое, эмоционально-психологическое, социальное благополучие обучающихся в жизни образовательной организации, ощущение детьми безопасности и психологического комфорта, информационной безопасности.

## **Метапредметные результаты**

Метапредметные результаты освоения учебного предмета представлены тремя группами универсальных учебных действий (УУД).

### **1. Регулятивные универсальные учебные действия**

*Выпускник научится:*

– самостоятельно определять цели, задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута;

– оценивать возможные последствия достижения поставленной цели в деятельности, собственной жизни и жизни окружающих людей, основываясь на соображениях этики и морали;

- ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;
- оценивать ресурсы, в том числе время и другие нематериальные ресурсы, необходимые для достижения поставленной цели;
- выбирать путь достижения цели, планировать решение поставленных задач, оптимизируя материальные и нематериальные затраты;
- организовывать эффективный поиск ресурсов, необходимых для достижения поставленной цели;
- сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной заранее целью.

## *2. Познавательные универсальные учебные действия*

### *Выпускник научится:*

- искать и находить обобщенные способы решения задач, в том числе, осуществлять развернутый информационный поиск и ставить на его основе новые (учебные и познавательные) задачи;
- критически оценивать и интерпретировать информацию с разных позиций, распознавать и фиксировать противоречия в информационных источниках;
- использовать различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках;
- находить и приводить критические аргументы в отношении действий и суждений другого; спокойно и разумно относиться к критическим замечаниям в отношении собственного суждения, рассматривать их как ресурс собственного развития;
- выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия;
- выстраивать индивидуальную образовательную траекторию, учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения;
- менять и удерживать разные позиции в познавательной деятельности.

### *3. Коммуникативные универсальные учебные действия*

#### *Выпускник научится:*

–осуществлять деловую коммуникацию как со сверстниками, так и со взрослыми (как внутри образовательной организации, так и за ее пределами), подбирать партнеров для деловой коммуникации исходя из соображений результативности взаимодействия, а не личных симпатий;

–при осуществлении групповой работы быть как руководителем, так и членом команды в разных ролях (генератор идей, критик, исполнитель, выступающий, эксперт и т.д.);

–координировать и выполнять работу в условиях реального, виртуального и комбинированного взаимодействия;

–развернуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств;

–распознавать конфликтогенные ситуации и предотвращать конфликты до их активной фазы, выстраивать деловую и образовательную коммуникацию, избегая личностных оценочных суждений.

### **Предметные результаты**

В результате изучения учебного курса «Биология» на уровне среднего общего образования выпускники научатся:

— описывать структуру нуклеиновых кислот и их основные свойства;

— описывать генетический код и его свойства;

— описывать процессы репликации ДНК;

— описывать процесс транскрипции;

— раскрывать значение репликации и транскрипции нуклеиновых кислот;

— формулировать определения понятий «сплайсинг», «процессинг»,

«транскрипция», «трансляция»;

— различать промоторы, энхансеры и инсультаторы;



- описывать процессы транскрипции, процессинга и сплайсинга РНК;
- объяснять значение сплайсинга и альтернативного сплайсинга;
- описывать процесс трансляции;
- описывать процесс формирования надмолекулярных структур, связанных с хранением и передачей наследственной информации;
- различать хромосомы, эухроматин, гетерохроматин;
- описывать процесс передачи наследственной информации из одного клеточного поколения в другое в процессе митоза;
- характеризовать жизненный цикл и митотический цикл клетки;
- описывать процесс анаболизма;
- описывать процесс биосинтеза белка;
- характеризовать этапы реализации наследственной информации в клетке;
- описывать процесс формирования из одной клетки целостного организма;
- характеризовать основные методы молекулярной генетики: выделение и очистку ДНК и РНК, рестрикционный анализ, полимеразную цепную реакцию, гибридизацию нуклеиновых кислот и определение их последовательности;
- характеризовать современные методы высокопроизводительного секвенирования и области их применения;
- характеризовать методы генной инженерии;
- описывать методы генетики человека;
- классифицировать наследственные заболевания;
- объяснять механизмы наследования и подходы к лечению генетических заболеваний;
- описывать методы генетики спорта;
- объяснять взаимосвязь генотипа человека и спортивных достижений;

- проводить анализ кариотипов;
- проводить фенотипический и цитогенетический анализ;
- проводить популяционно-генетические исследования;
- пользоваться технологией выделения и очистки наследственного материала (ДНК, РНК) из разных организмов;
- проводить генотипирование организмов;
- решать задачи по молекулярной биологии и генетике;
- описывать фенотип;
- определять нормы реакции;
- оценивать роль биологических открытий и современных исследований в развитии науки и в практической деятельности людей;
- оценивать роль генетики в формировании современной научной картины мира;
- прогнозировать перспективы развития молекулярной генетики, геной инженерии, медицинской генетики и генетики спорта;
- обосновывать систему взглядов на живую природу и место в ней человека, применяя биологические теории, учения, законы, закономерности, понимать границы их применимости;
- проводить учебно-исследовательскую деятельность по генетике (выдвигать гипотезы, планировать работу, отбирать и преобразовывать необходимую информацию, проводить эксперименты, интерпретировать результаты, делать выводы на основе полученных результатов);
- выявлять и обосновывать существенные особенности разных уровней организации жизни;
- устанавливать связь строения и функций основных биологических макромолекул, их роль в процессах клеточного метаболизма;
- оценивать практическое и этическое значение современных исследований в генетике, медицине, геной инженерии; обосновывать собственную оценку;
- выявлять в тексте биологического содержания проблему и аргументированно её объяснять;

— представлять генетическую информацию в виде текста, таблицы, схемы, графика, диаграммы и делать выводы на основании представленных данных; преобразовывать график, таблицу, диаграмму, схему в текст генетического содержания;

выпускники получат возможность научиться:

— организовывать и проводить индивидуальную исследовательскую деятельность по генетике (или разрабатывать индивидуальный проект): выдвигать гипотезы, планировать работу, отбирать и преобразовывать необходимую информацию, проводить эксперименты, интерпретировать результаты, делать выводы на основе полученных результатов, представлять продукт своих исследований;

— прогнозировать последствия собственных исследований с учётом этических норм;

— анализировать и использовать в решении учебных и исследовательских задач информацию о современных исследованиях в генетике, медицине и геномной инженерии;

— использовать приобретённые компетенции в практической деятельности и повседневной жизни для приобретения опыта деятельности, предшествующей профессиональной, в основе которой лежит генетика как учебный курс.

## **Уровни учебных достижений учащихся**

### **I. Начальный**

Ученик (ученица) воспроизводит отдельные факты, с помощью учителя или с использованием учебника фрагментарно характеризует отдельные признаки биологических объектов; отвечает на вопросы, требующие односложного ответа; по инструкции и с помощью учителя фрагментарно выполняет лабораторные и практические работы без надлежащего оформления.

### **II. Средний**

Ученик с помощью учителя или с использованием учебника воспроизводит часть учебного материала, даёт определения

отдельных биологических понятий, даёт неполную характеристику общих признаков биологических процессов и явлений; в ответах может допускать ошибки; приводит примеры, основанные на материале учебника; по инструкции и с помощью учителя выполняет лабораторные и практические работы с их неполным оформлением.

### III. Достаточный

Ученик (ученица) самостоятельно воспроизводит учебный материал; отвечает на поставленные вопросы, допуская неточности в ответах; сравнивает биологические объекты, явления и процессы живой природы, устанавливает различия между ними; исправляет допущенные ошибки; решает стандартные познавательные задачи; выполняет задания по молекулярной генетике и решает генетические задачи, пользуясь алгоритмом; по инструкции выполняет лабораторные и практические работы, обращаясь за консультацией к учителю, оформляет их, делает неполные и нечётко сформулированные выводы.

### IV. Высокий

Ученик (ученица) логично и осознанно воспроизводит учебный материал в пределах программы; обоснованно отвечает на вопросы; самостоятельно анализирует и раскрывает генетические закономерности; приводит примеры, основанные на собственных наблюдениях; оценивает биологические явления, законы; систематизирует, обобщает, выявляет и обосновывает причинно-следственные связи; аргументированно использует знания в нестандартных ситуациях; самостоятельно решает генетические упражнения и задачи; умеет выделить проблему и определить пути её решения; по инструкции выполняет лабораторные и практические работы, оформляет их, формулирует выводы.



## 2. Содержание учебного курса

Курс состоит из модулей, каждый из которых является необходимым элементом в общей структуре. Модульная структура курса даёт возможность его вариативного использования. В зависимости от уровня подготовки старшеклассников могут разрабатываться индивидуальные образовательные траектории.

### 10 класс

**Модуль 1.** Нуклеиновые кислоты — основа наследственности

Материал наследственности — нуклеиновые кислоты. ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота. ДНК — основной генетический материал большинства организмов. Мономеры, составляющие каждую из цепей ДНК, — сложные органические соединения — нуклеотиды. Строение нуклеотида ДНК. Соединение нуклеотидов в полинуклеотидной цепи. Комплементарность. Антипараллельность. Схема уровней спирализации хромосомного материала (ДНК). Генетический код. Гены. Геном.

Запись генетической информации в молекуле ДНК — генетический код. Последовательность аминокислот пептидов зашифрована в молекулах ДНК с помощью генетического кода. Код триплетен.

Транскрипция генетического кода из кодонов ДНК в последовательность кодонов информационной РНК. Таблица генетического кода в триплетах иРНК. Кодогенная и матричная цепь ДНК. Стоп-триплеты и стартовые триплеты. Свойства генетического кода.

Структурно-функциональная единица наследственной информации ген. Ген — это участок молекулы ДНК, последовательность нуклеотидов (кодонов) которого определяет последовательность аминокислот в одном полипептиде. Гены, не кодирующие белки. Мобильные генетические элементы. Понятие о геноме. Геном человека.

РНК — рибонуклеиновые кислоты. Строение РНК. Виды РНК. Рибосомальные РНК. Информационные РНК. Каталитические РНК. Регуляторные РНК. Транспортные РНК. Особенности строения и функции.

Основные понятия: нуклеиновые кислоты, дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК), рибонуклеиновые кислоты (РНК), плазмиды, нуклеотиды, азотистые основания: тимин (Т) и цитозин (Ц), аденин (А) и гуанин (Г), урацил (У), водородная связь, эфирная связь, комплементарность, антипараллельность, гистоны, хромосома, центромера, хроматида, спирализация, деспирализация, дезоксинуклеопротеид, нуклеосомная нить, хроматиновая фибрилла, ген, генетический код, геном, кодогенная цепь, матричная цепь, нонсенс-триплеты, стартовый триплет, транспозоны, рибосомальная РНК, информационная РНК, каталитическая РНК, регуляторная РНК, транспортная РНК, рибозимы, кодон, антикодон, функциональный центр.

## **Модуль 2. Локализация наследственной информации**

Хранение наследственной информации у прокариот. Строение прокариотической клетки. Хранение наследственной информации — нуклеоид (кольцевая ДНК), плазмиды. Размножение бактерий. Хранение наследственной информации у эукариот. Клеточное ядро. Форма и строение ядра. Обмен веществами между ядром и цитоплазмой. Кариоплазма. Хроматин. Схема строения центромеры. Гомологичные хромосомы. Аллельные гены. Гаплоидный и диплоидный набор хромосом. Аутосомы и гетерохромосомы. Группы сцепления генов. Ядрышко. Ядрышковый организатор. Митохондрии. Пластиды. Виды пластид. Строение и функции митохондрий и пластид. Кольцевые ДНК в митохондриях и пластидах.

Жизненный цикл клетки. Особенности жизненного цикла разных клеток. Схема жизненного цикла клетки. Митотический цикл. Механизм репликации ДНК у бактерий. Профаза. Метафаза. Анафаза. Телофаза. Значение митоза.

Регуляция жизненного цикла клеток многоклеточного организма. Апоптоз. Регуляция митотического цикла. Циклины. Циклинзависимые киназы. Переход клетки из одного периода митотического цикла в другой. Принцип действия стимуляторов и ингибиторов клеточного деления. Регуляция клеточной гибели.

Основные понятия: нуклеоид, клеточное ядро, симпласты, кариоплазма, хроматин, ядрышко, гетерохроматин, эухроматин, избирательная экспрессия, репрессия генов, специфический маркер, хромосомы: метацентрические, субметацентрические, акроцентрические; кариотип, гаплоидный и диплоидный набор хромосом, гомологичные хромосомы, локус, аллельные гены, аутосомы, факультативный и постоянный гетерохроматин, группа сцепления, рекомбинация, кроссинговер, амплификация, АТФ-сома, жизненный цикл клетки, стволовые клетки, митотический цикл, терминальная дифференцировка, кинетохор, апоптоз, циклин, киназа, стимуляторы, ингибиторы, ферменты — каспазы.

### **Модуль 3. Реализация наследственной информации**

**Анаболизм.** Регуляция активности генов прокариот. Анаболизм, или пластический обмен. Схема, отражающая путь реализации наследственной информации. Регуляция активности генов прокариот. Два основных типа регуляции генной активности прокариотических организмов. Принцип работы индуцибельного лактозного оперона (Лас-оперон). Принцип работы репрессибельного триптофанового оперона (Трп-оперон). Регуляция активности генов эукариот. Схема строения гена эукариот: структурная часть гена (интроны и экзоны) и регуляторная часть гена (промотор, энхансеры, инсуляторы, сайленсеры).

Инициация транскрипции генов эукариот.

Транскрипционные факторы. Структура ДНК-связывающих белков. Мотивы в белках — регуляторах активности генов. Механизм взаимодействия регуляторов активности генов с молекулой ДНК. Процесс транскрипции. Процессинг. Сплайсинг. Альтернативный сплайсинг.



Синтез белка. Трансляция. Схема последовательных этапов трансляции: инициация, элонгация, терминация. Стабильность иРНК и контроль экспрессии генов. Структуры, определяющие стабильность иРНК, и их роль в регуляции экспрессии.

Типовые задачи по молекулярной генетике с образцами решения. Молекулярная биология — наука о механизмах хранения, передачи и реализации генетической информации. Матричный характер реакций биосинтеза. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот.

Вирусы. Простые и сложные вирусы. Строение вирусов. Взаимодействие вируса с клеткой. Типы взаимодействия вируса с клеткой. Механизм репродукции вируса гепатита В. Репродукция вируса иммунодефицита человека (ВИЧ). Взаимодействие бактериофага с бактериальной клеткой. Происхождение вирусов.

Основные понятия: метаболизм, анаболизм, геном, транскриптом, протеом, метаболом, оперон (индуцибельный, репрессибельный), цистрон, транскрипция, инициаторный комплекс, репрессор, процессинг, сплайсинг, альтернативный сплайсинг, трансляция, инициация, элонгация, терминация, иницирующий комплекс, иницирующий кодон иРНК, антикодон тРНК, терминирующий фактор, капсид, вирион, вирогения, профаг, лизогения.

#### **Модуль 4. Генетика развития**

Образование и развитие половых клеток у животных. Сперматогенез. Оогенез. Стадия размножения. Стадия роста. Стадия созревания. Стадия формирования.

Значение половых клеток. Роль яйцеклетки. Функциональная роль запасаемых веществ. Специфические регуляторные вещества. Роль сперматозоида.

Дробление. Мозаичный и регуляторный типы развития. Черты дробления, общие для всех животных. История представлений о регуляции эмбриогенеза.

Морфогенетические поля. История представлений об эмбриональной регуляции. Закон Дриша. Позиционная

информация — механизм эмбриональной регуляции Л. Уолперта. Генетика начальных этапов развития. Гены материнского эффекта. Передний организующий центр. Задний организующий центр. Гены сегментации. Этапы: спецификация и детерминация. Гар-гены. Гены Pair-rule, или гены парности. Гены сегментарной полярности. Гомеозисные селекторные гены.

Особенности генетики начальных этапов развития у млекопитающих. Разметка тела зародыша по передне-задней оси. Экспрессия Нох-генов

вдоль дорсальной оси. Дорсовентральная (спинно-брюшная) ось. Латеральная (лево-правая) ось. Прикладное значение изучения асимметрии. Основные понятия: гоноциты, тотипотентность, синаптонемный комплекс, биваленты, хиазмы, вегетативный полюс, анимальный полюс, морфогенетические детерминанты, химическая преформация, конденсация хромосом, конденсины, кохезины, цитостатический фактор (CSF), циклические нуклеотиды, семейство g-белков, инозитол-фосфатная система, овоплазматическая сегрегация, морфогенетические детерминанты, тип развития: мозаичный и регуляционный, эмбриональные индукторы, ростовые факторы, эмбриональная регуляция, морфоген, гены материнского эффекта, сегрегационные гены, гены парности, гены сегментарной полярности, гомеотические селекторные гены, гомеозисные гены, гомеобокс, гомеотические мутанты, Нох-гены, коллинеарность, гены паралогичной группы, транскрипционный фактор Pitx2, гензеновский узелок, динеин, синдром Картагенера.

#### **Модуль 5. Молекулярно-генетические методы**

Выделение и очистка нуклеиновых кислот. Методы выделения нуклеиновых кислот. Этапы выделения нуклеиновых кислот. Выделение нуклеиновых кислот: фенольный метод и выделение на сорбенте. Очистка нуклеиновых кислот.

Электрофорез нуклеиновых кислот. Принцип электрофореза. Электрофорез в гелях двух типов: агарозных и полиакриламидных. Анализ размера белков и вестернблот

гибридизации (иммуноблоттинг). Маркер длин ДНК. Электрофореграмма и количественная оценка образцов ДНК.

Рестриктазы и рестрикционный анализ. Типы рестриктаз. Примеры рестриктаз и последовательности распознавания. Рестрикционный анализ и его применение.

Гибридизация нуклеиновых кислот. Методы, использующие гибридизацию нуклеиновых кислот. Саузерн-блоттинг. Другие методы гибридизации: нозерн-блоттинг, флуоресцентная гибридизация, метод гибридизации на чипах.

Полимеразная цепная реакция (ПЦР). Особенности ПЦР. Компоненты для проведения ПЦР. Этапы цикла ПЦР: денатурация, отжиг, синтез. Количественная полимеразная цепная реакция. Количественная ПЦР, сопряжённая с обратной транскрипцией.

Секвенирование — определение последовательности нуклеиновых кислот. Метод Сэнгера и его модификации. Альтернативный метод секвенирования — техника химического расщепления (метод Максама—Гилберта). Автоматизированный вариант метода Сэнгера.

Основные понятия: лизис, детергенты, хаотропные агенты, протеазы, лизоцим, фенольный метод, метод выделения на сорбенте, РНКазы, флуоресценция, электрофорез, агарозный гель, полиакрил-амидный гель, вестерн-блот гибридизация, рестрикционный анализ, рестриктазы, палиндром, изошизомеры, гетерошизомеры, изокаудомеры, делеция, инсерция, гибридизация нуклеиновых кислот, блоттинг, полимеразная цепная реакция (ПЦР), праймер, амплификация, амплификаторы, дезоксинуклеотидтрифосфаты (дНТФ), метод «реал-тайм ПЦР», ревертаза, ОТ-ПЦР, секвенирование, метод Сэнгера, праймер, дидезоксинуклеотидтрифосфат (ддНТФ), терминация, радиоавтограф, химическая деградация.

### **Модуль 6. Секвенирование нового поколения**

Общие принципы секвенирования нового поколения. Отличия секвенирования по Сэнгеру от высокопроизводительного

секвенирования. Общий протокол высокопроизводительного секвенирования.

Технологии высокопроизводительного секвенирования. Технологии секвенирования второго поколения. Высокопроизводительное пиросеквенирование (454-секвенирование). Секвенирование с обратимой терминацией.

Полупроводниковое секвенирование. Технологии секвенирования третьего поколения. Нанопоровое секвенирование. PacBio.

Полногеномное секвенирование de novo. Ресеквенирование геномов. Задачи секвенирования нового поколения и методы их решения: анализ транскриптомов и другие области применения. Анализ транскриптомов. Качественный анализ транскриптомов. Количественный анализ транскриптомов. Метод Ribo-Seq. Метод CAGE. Анализ структуры хроматина. Анализ ДНК-белковых взаимодействий. Метагеномика.

Основные понятия: лигирование, адаптеры, кластер, пиросеквенирование, эмульсионная ПЦР, мостиковая ПЦР, метод shotgun, сборка генома, парные библиотеки, ресеквенирование, референсный геном, направленное ресеквенирование, транскриптом, аннотация геномов.

### **Модуль 7. Генная инженерия**

Что такое генная инженерия. Задачи и методы генной инженерии. Основные задачи генной инженерии.

Вектор. Клонирование. Рекомбинантные ДНК. Основные методы генной инженерии.

Получение рекомбинантных ДНК.

Основные инструменты генной инженерии — рестриктазы, лигазы. Клонирование в вектор. Выделение нуклеиновых кислот из геля. Выделение необходимого фрагмента с помощью ПЦР. Доставка рекомбинантной ДНК в прокариотическую клетку. Химическая трансформация. Электропорация. Трансдукция и конъюгация. Доставка рекомбинантной ДНК в эукариотическую клетку. Микроинъекция. Электропорация. Липофекция. Использование вирусных векторов. Биолиственная трансфекция.

Тi-плазмида. Простейшая векторная плазмида. Экспрессионный вектор. Эукариотический экспрессионный вектор. Ретровирусные векторы. Редактирование генома — направленное внесение в геном мутаций: вставок, делеций, инверсий, замен нуклеотидов. Химерные нуклеазы. Метод редактирования генома CRISPR/Cas. Система CRISPR/Cas у бактерий. Редактирование генома с помощью CRISPR/Cas9. Система CRISPR/Cas — надёжная защита бактерий.

Нокаут гена — выключение путём разрушения или повреждения гена. Нокаут с помощью гомологичной рекомбинации. Современный способ нокаута генов — использование системы CRISPR/Cas. Нокаун гена — подавление экспрессии. РНК-интерференция — механизм подавления экспрессии генов при участии малых РНК.

Основные понятия: компетентность, трансфекция, сайты рестрикции, инаktivация рестриктаз, электропорация, трансдукция, липофекция, мицелла, биолистическая трансфекция, Тi-плазмида, культура каллуса, векторная плазмида, «ориджин» репликации, полилинкер, экспрессионный вектор, индуктор, репортёрный ген, лентивирусные векторы, «выпотрошенный» вектор, пакующая линия, редактирование генома, химерные нуклеазы, нуклеазы с «цинковыми пальцами» (zinc-finger nucleases), метод редактирования генома CRISPR/Cas, локусы CRISPR, Cas (CRISPR-associated) — гены, pre-crРНК, Cas-белки, нокаут гена, гомологичная рекомбинация, нокаун гена, белок Dicer (дайсер), белковый комплекс RISC, РНК-интерференция.

## **Модуль 8. Генетика человека**

Методы генетики человека: цитогенетический, близнецовый, генеалогический, популяционно-статистический, биохимический, дерматоглифический, иммунологический, клинический, метод приёмных детей. Цитогенетический метод: изучение кариотипа на стадии метафазы; прямые и непрямые исследования; определение полового хроматина; определение

числа X-хромосом по числу телец Барра и подтверждение геномных мутаций.

Генеалогический метод: составление родословной и генеалогический анализ родословной; стандартные символы, принятые для составления родословных; определение типа наследования.

Близнецовый метод: однояйцевые (монозиготные) близнецы, разнаяйцевые (дизиготные) близнецы. Метод приёмных детей. Популяционно-статистический метод: закон Харди—Вайнберга.

Наследственные заболевания и их классификация. Причины наследственных заболеваний — мутации: геномные, хромосомные, генные.

Важнейшие задачи генетики: изучение молекулярной природы наследственных заболеваний и анализ закономерностей их наследования и распространения в популяциях человека; выяснение влияния мутагенных факторов на здоровье человека. Моногенные и полигенные болезни. Ключевые методы в исследовании генных болезней — генеалогический и популяционно-статистический. Рецессивные генные заболевания. Аутосомно-рецессивные генные заболевания — фенилкетонурия, талассемия. X-сцепленные рецессивные заболевания — гемофилия А и

В. Доминантные генные заболевания. Хромосомные болезни. Геномные мутации. Нерасхождение аутосом — синдром Дауна. Нерасхождение половых хромосом — синдром Кляйнфельтера.

Хромосомные мутации.

Профилактика наследственных заболеваний. Этические аспекты медицинской генетики. Диагностика и терапия наследственных болезней.

Основные понятия: методы генетики человека: цитогенетический, близнецовый, генеалогический, популяционно-статистический, биохимический, дерматоглифический, иммунологический, клинический, метод приёмных детей;

колхицин, тельце Барра, пробанд, сибс, фенкопия, аутосомно-доминантный и аутосомно-рецессивный типы наследования, X-сцепленные доминантные и рецессивные типы наследования, Y-сцепленное (голандрическое) наследование, митохондриальное наследование, закон Харди—Вайнберга, моногенные и полигенные болезни, синдром Дауна, синдром кошачьего крика, синдром Вильямса, синдром «ломкой» X-хромосомы, хорей Геттингтона, синдром Марфана, неполная пенетрантность, экспрессивность, болезнь Тея—Сакса, синдром Меккеля—Грубера, фенилкетонурия, талассемия, гемофилия А и В, лизосомные болезни накопления, гемоглобинопатия, серповидноклеточная анемия и бета-талассемия, гемофилия С и парагемофилия, муковисцидоз, миодистрофия Дюшенна, миодистрофия Беккера, ахондроплазия, ретинобластома, синдром Ретта, синдром Патау, синдром Эдвардса, синдром Клайнфельтера, синдром Шерешевского—Тёрнера, трисомия X, синдром Якобса, медико-генетическое консультирование, пренатальная диагностика, исследование последовательности ДНК, цитологические методы, метод гибридизации с флюоресцентными зондами (FISH), метод масс-спектрометрии, скрининг новорождённых, моноклональные антитела, метод генотерапии.

### **Модуль 9. Генетика спорта**

Проблемы и задачи генетики спорта. Адаптация организма к определённому используемому виду нагрузки. Норма реакции. Полигенные признаки.

Генетика спорта на стыке трёх наук: генетики, физиологии и медицины. Признаки, играющие первостепенную роль в определённых видах спорта. Знание генетических особенностей для выбора вида спорта или режима тренировок.

Известные «гены спортивных достижений» и механизмы их работы. Связь между генотипом и спортивными достижениями. Ген, кодирующий белок мышечной ткани — миостатин. Мутации в гене MSTN. Наследственные и ненаследственные факторы, влияющие на рост человека. Соматотропин. Факторы,

вызывающие анаболический эффект и развитие мускулатуры. Ингибиторы миостатина и потенциальный допинг.

Проблема использования допингов. Гены и их связь со спортивными достижениями.

Методы генетики спорта: популяционно-статистический, генеалогический, близнецовый.

Основные понятия: быстрые и медленные мышечные волокна, принцип «от признака к гену», принцип «от гена к признаку», коллаgenoпатия, миостатин, ген MSTN, мышечная гипертрофия, патологический гигантизм, соматотропин, акромегалия, гипергликемия, анаболический эффект, ингибиторы миостатина, потенциальный допинг, ген, кодирующий альфа-3-актинин, ген ACE, ангиотензинпре-вращающий фермент, гаплотип, гаплогруппа, оксидативные и гликолитические мышечные волокна.

### **Модуль 10.** Практические и лабораторные работы

#### *Практическая работа № 1*

Определение фенотипа подозреваемого по результатам генетического анализа. Решение генетических задач с полигибридными комбинациями аллелей для определения организма искомого фенотипа среди группы организмов с известными генотипами. Создание словесного и графического портрета человека на основе упрощённой модели наследования доминантных и рецессивных признаков черт лица.

#### *Практическая работа № 2*

Анализ кариотипов различных видов млекопитающих. Изучение морфологических особенностей хромосом млекопитающих. Составление и описание кариотипа, сравнение кариотипов систематически близких видов.

#### *Лабораторная работа № 1*

Изучение политенных хромосом из слюнных желёз личинок двукрылых. Приготовление временного микропрепарата политенных хромосом и изучение особенностей их внешнего строения. Функции структур политенных хромосом.



Часть 1. Методика приготовления временного микропрепарата политенных хромосом.

Часть 2. Методика изучения политенных хромосом.

*Лабораторная работа № 2*

Определение генотипов плодовой мушки (*Drosophila melanogaster*). Распознавание фенотипических признаков на натуральных препаратах и определение возможных генотипов организма по его фенотипу.

*Лабораторная работа № 3*

Определение полового хроматина в клетках буккального эпителия здорового человека. Приготовление временного микропрепарата клеток слизистой оболочки ротовой полости. Исследование препарата клеток буккального эпителия и определение полового хроматина.

*Лабораторная работа № 4*

Выделение нуклеиновых кислот из клеток растений. Выделение нуклеиновых кислот из клеток растений и доказательство их наличия в полученном препарате.

*Лабораторная работа № 5*

Выделение нуклеопротеидов из дрожжей методом кислотного гидролиза. Выделение нуклеиновых кислот из клеток дрожжей и доказательство их наличия в полученном препарате.

*Лабораторная работа № 6*

Получение препарата ДНК из тканей животных. Получение препарата очищенной ДНК из животной ткани. Гомогенизация образца и лизис клеток. Осаждение ДНК. Подтверждение результата работы.

*Лабораторная работа № 7*

Определение частот аллелей и генотипов в модельной популяции. Выбор фенотипического признака. Сбор данных. Обработка данных и анализ результатов.

*Лабораторная работа № 8*

Определение нормы реакции скорости произвольных движений. Выявление нормы реакции скорости произвольных движений. Методика С. Ф. Баранова.

*Лабораторная работа № 9*

Изменчивость онтогенетических модификаций листовых пластинок в зависимости от условий внешней среды. Определение диапазона реакции длины листьев клевера ползучего в разных экологических условиях.

*Лабораторная работа № 10*

Знакомство с лабораторным оборудованием школьной генетической лаборатории. Изучение техники безопасности, правил работы с биологическим материалом, знакомство с лабораторным оборудованием, необходимым для выделения, амплификации и детекции ДНК.

*Лабораторная работа № 11*

Получение препарата очищенной ДНК из тканей растений. Ознакомление с методикой выделения и очистки ДНК с использованием современного лабораторного оборудования.

*Лабораторная работа № 12*

Выделение ДНК из пищевых продуктов. Получение препарата очищенной ДНК из пищевых продуктов.

*Лабораторная работа № 13*

Получение плазмидной ДНК из клеток бактерий. Получение препарата плазмидной ДНК бактерий, пригодной для электрофоретического анализа.

*Лабораторная работа № 14*

Амплификация ДНК методом полимеразной цепной реакции. Ознакомление с этапами амплификации и методикой проведения ПЦР.

*Лабораторная работа № 15*

Постановка электрофореза ДНК в агарозном геле. Изучение метода электрофореза нуклеиновых кислот в агарозном геле.

### 3. Тематическое планирование учебного курса

#### 10 класс

№ п/п	Тема урока	Кол-во часов
<b>Модуль 1. Нуклеиновые кислоты — основа наследственности</b>		
1	Материал наследственности — нуклеиновые кислоты. ДНК — дезоксирибонуклеиновая кислота	1
2	Генетический код. Гены. Геном	1
3	РНК — рибонуклеиновые кислоты	1
<b>Модуль 2. Локализация наследственной информации</b>		
4	Хранение наследственной информации у прокариот	1
5	Хранение наследственной информации у эукариот	1
6	Жизненный цикл клетки	1
7	Регуляция жизненного цикла клеток многоклеточного организма.	1
<b>Модуль 3. Реализация наследственной информации</b>		
8	Анаболизм. Регуляция активности генов прокариот	1
9	Регуляция активности генов эукариот	1
10	Инициация транскрипции генов эукариот	1
11	Синтез белка	1
12-13	Типовые задачи по молекулярной генетике	2
14	Вирусы	1
<b>Модуль 4. Генетика развития</b>		
15	Образование и развитие половых клеток животных	1
16	Значение половых клеток	1
17	Дробление. Мозаичный и регуляторный типы развития	1
18	История представлений о регуляции эмбриогенеза. Морфогенетические поля	1
19	Генетика начальных этапов развития	1
20	Особенности генетики начальных этапов развития	1

	у млекопитающих	
<b>Модуль 5. Молекулярно-генетические методы</b>		
21	Выделение и очистка нуклеиновых кислот	1
22	Электрофорез нуклеиновых кислот	1
23	Рестриктазы и рестрикционный анализ	1
24	Гибридизация нуклеиновых кислот	1
25	Полимеразная цепная реакция (ПЦР)	1
26	Количественная полимеразная цепная реакция (ПЦР)	1
27	Секвенирование — определение последовательности нуклеиновых кислот	1
<b>Модуль 6. Секвенирование нового поколения</b>		
28	Общие принципы секвенирования нового поколения	1
29	Технологии высокопроизводительного секвенирования	1
30	Задачи секвенирования нового поколения и методы их решения: секвенирование генома	1
31	Задачи секвенирования нового поколения и методы их решения: анализ транс-криптомов и другие области применения	1
<b>Модуль 7. Генная инженерия</b>		
32	Что такое генная инженерия	1
33	Получение рекомбинантных ДНК	1
34	Получение необходимых фрагментов ДНК, выделение генов	1
35	Доставка рекомбинантной ДНК	1
36	Векторы для генной инженерии	1
37	CRISPR/ Cas9 и другие способы редактирования генома	1
38	Нокаут и нокаун генов	1
<b>Модуль 8. Генетика человека</b>		
39	Методы генетики человека	1
40	Наследственные заболевания и их классификация	1

41	Генетические методы в исследовании наследственных заболеваний	1
42	Генные болезни	1
43	Хромосомные болезни	1
44	Профилактика, диагностика и лечение наследственных заболеваний	1
<b>Модуль 9. Генетика спорта</b>		
45	Проблемы и задачи генетики спорта	1
46	Известные «гены спортивных достижений» и механизм их действия	1
47	Методы генетики спорта	1
<b>Модуль 10. Практические и лабораторные работы</b>		
48	Практическая работа № 1. Определение фенотипа подозреваемого по результатам генетического анализа	1
49	Практическая работа № 2. Анализ кариотипов различных видов млекопитающих	1
50	Лабораторная работа № 1. Изучение политенных хромосом из слюнных желёз личинок двукрылых	1
51	Лабораторная работа № 2. Определение генотипов плодовой мушки ( <i>Drosophila melanogaster</i> )	1
52	Лабораторная работа № 3. Определение полового хроматина в клетках буккального эпителия здорового человека	1
53	Лабораторная работа № 4. Выделение нуклеиновых кислот из клеток растений	1
54	Лабораторная работа № 5. Выделение нуклеопротеидов из дрожжей методом кислотного гидролиза	1
55	Лабораторная работа № 6. Получение препарата ДНК из тканей животных	1
56	Лабораторная работа № 7. Определение частот аллелей	1

	и генотипов в модельной популяции	
57	Лабораторная работа № 8. Определение нормы реакции скорости произвольных движений	1
58	Лабораторная работа № 9. Изменчивость онтогенетических модификаций листовых пластинок в зависимости от условий внешней среды	1
59	Лабораторная работа № 10. Знакомство с лабораторным оборудованием школьной генетической лаборатории	1
60	Лабораторная работа № 11. Получение препарата очищенной ДНК из тканей растений	1
61	Лабораторная работа № 12. Выделение ДНК из пищевых продуктов	1
62	Лабораторная работа № 13. Получение плазмидной ДНК из клеток бактерий	1
63	Лабораторная работа № 14. Амплификация ДНК методом полимеразной цепной реакции	1
64	Лабораторная работа № 15. Постановка электрофореза ДНК в агарозном геле	1
65-66	Обобщение по курсу	2

