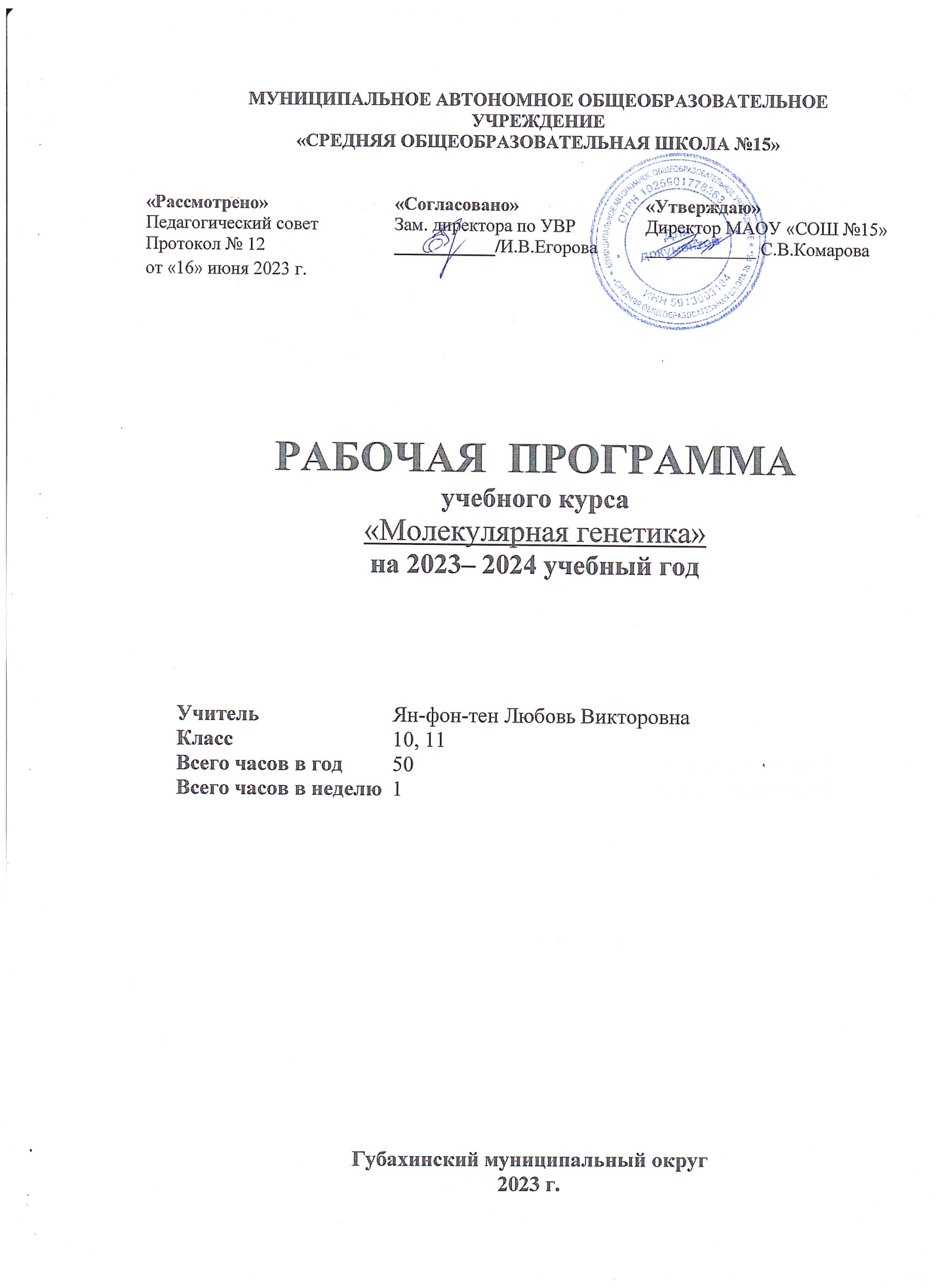
****

**Учебный курс по выбору «Молекулярная генетика»**

**Пояснительная записка**

Программа учебного курса по выбору «Молекулярная генетика» для 10-11 классов составлена на основе примерной образовательной программы учебного курса «Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8-9 классы». Предметная область «Естественно-научные предметы» для 5-9 классов образовательных организаций, реализующих образовательные программы основного общего образования. Эта примерная программа учебного курса рассчитана для 8-9 классов, но содержание программы достаточно сложное для усвоения учащимися основной школы, поэтому целесообразно использовать эту программу для формирования учебного курса для 10-11 классов, не изучающих биологию на углублённом уровне.

Программа учебного курса направлена на удовлетворение индивидуальных запросов учащихся, создание условий для раскрытия у них исследовательских и практических способностей в области генетики, развитие умений самостоятельно планировать, организовывать и реализовывать свою деятельность в сотрудничестве с учителем и сверстниками.

Освоение программы курса предполагает обучение школьников методам исследования в области генетики, умению использовать понятийный аппарат и символический язык генетики, применение научных терминов, понятий, теорий, законов для объяснения наблюдаемых биологических явлений и процессов, позволяющих заложить фундамент научного мировоззрения.

Курс направлен на развитие у школьников интереса к генетике, выработку генетической грамотности, знакомство с профессиями, связанными с генетикой. В курсе проводится знакомство школьников с новейшими концепциями реализации наследственной информации в живых организмах, а также применением этих знаний в повседневной жизни. Материал курса содержит образные примеры, ролевые игры и практические задания, для формирования понятийного аппарата в области генетики и молекулярной биологии.

**Цели курса**: Создание условий для формирования и развития у учащихся интеллектуальных и практических умений в области генетики, формирование генетической грамотности у будущего поколения.

**Задачи курса:**

- реализация требований Стандарта к результатам освоения основной образовательной программы основного общего образования;

- развитие интереса к генетике как научной дисциплине;

- формирование понимания единства генетических закономерностей для всех живых организмов;

- актуализация значимости изучения генетики на современном этапе развития медицины, биологии, экологии;

- развитие умений, связанных с выполнением лабораторных и практических работ, в том числе с использованием оборудования;

- формирование умения работать со статистическими материалами;

- профессиональная ориентация школьников;

- развитие логического мышления обучающихся и их творческих способностей.

**Общая характеристика курса**

Одним из приоритетных направлений современной биологии является генетика. Велико её как теоретическое, так и прикладное значение. Всё чаще мы сталкиваемся в жизни с ПЦР-тестированием, генетическим тестированиям, векторными вакцинами, генетически модифицированными организмами и т. д. Поэтому весьма актуальным является как можно более раннее знакомство с этим разделом в рамках основной школы. Это необходимо для формирования естественно-научного и гуманистического мировоззрения.

Особенность этого курса заключается в том, что он содержит большое количество практических заданий и ролевых игр, которые призваны наглядно продемонстрировать законы и методы генетики, статистики и молекулярной биологии.

**Виды деятельности**. Предлагаемая в программе организация занятий, помимо знакомства с теоретическим материалом, предполагает проведение экспериментов (кратковременных и длительных), наблюдений, лабораторно-практических, проектных работ. Теоретические и практические занятия предлагается проводить как в условиях школьного кабинета, так и с использованием цифровой лаборатории **центра «Точка роста».**

Учебный процесс при изучении учебного курса строится с учётом следующих методов обучения:

- информационно-коммуникационная технология (овладение методами поиска информации в сети интернет);

- технология развития критического мышления (решение проблемных задач, дискуссии, обоснование своей точки зрения, умение находить несоответствия, рефлексии);

- проектная технология (самостоятельный поиск информации, создание проекта);

- проблемный (постановка проблемных вопросов и создание проблемных ситуаций на уроке);

- игровые технологии (ролевые игры).

**Место учебного курса в учебном плане**

Данный учебный курс предназначен для обучающихся 10-11 классов. Программа рассчитана на 2 года обучения и включает в себя 50 учебных часов из расчёта 1 час в неделю: 27 часов в 10 классе и 23 часа в 11 классе. Учебный курс «Молекулярная генетика» неразрывно связан и влияет на качество усвоения других школьных предметов: в нём ученик встречается с расчётами вероятностей, статистической обработкой экспериментальных данных, физическими основами функционирования приборов и методов.

**Требования к образовательным результатам**

***Личностные результаты:***

- реализация этических установок по отношению к биологическим открытиям, исследованиям и их результатам;

- реализация установок здорового образа жизни;

- сформированность познавательных интересов и мотивов, направленных на получение нового знания в области биологии в связи с будущей профессиональной деятельностью или бытовыми проблемами, связанными с сохранением собственного здоровья и экологической безопасности;

- сформированность интеллектуальных умений (доказывать, строить рассуждения, анализировать, сравнивать, делать выводы и др.).

***Метапредметные результаты:***

- овладение составляющими исследовательской и проектной деятельности, включая умения видеть проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, давать определения понятиям, классифицировать, наблюдать, проводить эксперименты, делать выводы и заключения, структурировать материал, объяснять, доказывать, защищать свои идеи;

- умение работать с разными источниками биологической информации: находить биологическую информацию в различных источниках, анализировать и оценивать информацию, преобразовывать информацию из одной формы в другую;

- умение оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности её решения;

- умение адекватно использовать речевые средства для дискуссии и аргументации своей позиции, сравнивать разные точки зрения;

- умение организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность с учителем и сверстниками; работать индивидуально и в группе: находить общее решение и разрешать конфликты на основе согласования позиций и учёта интересов; формулировать, аргументировать и отстаивать своё мнение;

- формирование и развитие компетентности в области использования информационно-коммуникационных технологий (далее ИКТ— компетенции).

***Предметными результатами*** по учебному курсу являются:

В познавательной (интеллектуальной) сфере:

- чёткие представления о материалистической сущности геномов живых организмов и регуляцию их работы;

- понимание молекулярных механизмов реализации наследственной информации и умение свободно оперировать основными понятиями молекулярной биологии и её современных направлений — геномики, метагеномики, протеомики;

- знание основных генетических заболеваний, способах их диагностики;

- формирование умения использовать понятийный аппарат и символический язык генетики, грамотное применение научных терминов, понятий, теорий, законов для объяснения наблюдаемых биологических объектов, явлений и процессов, позволяющих заложить фундамент научного мировоззрения;

- приобретение опыта использования методов биологической науки с целью изучения биологических объектов, явлений и процессов: наблюдение, описание, проведение несложных биологических опытов и экспериментов, в том числе с использованием цифровой лаборатории **центра «Точка роста»;**

- формирование умения интегрировать биологические знания со знаниями из других учебных предметов (физики, химии, географии, истории, обществознания и т. д.);

- формирование умений решать учебные задачи биологического содержания, выявлять причинно-следственные связи, проводить качественные и количественные расчёты, делать выводы на основании полученных результатов;

- формирование умения планировать учебное исследование или проектную работу с учётом поставленной цели: формулировать проблему, гипотезу и ставить задачи исследования, адекватно выбирать методы для поставленной цели, делать выводы по результатам исследования или проектной деятельности;

- формирование интереса к углублению биологических знаний (предпрофильная подготовка и профессиональная ориентация) и выбору биологии как профильного предмета на ступени среднего полного образования для будущей профессиональной деятельности, в области биологии, медицины, экологии, психологии, ветеринарии, сельского хозяйства.

В ценностно-ориентационной сфере:

- знать, что применение современных технологий молекулярной биологии позволяет успешно решать такие проблемы, как охрана окружающей среды, сохранение здоровья человека, контроль и восстановление экосистем.

**Планируемые результаты изучения курса**

Предметные результаты

В результате изучения учебного курса «Молекулярная генетика» выпускники научатся:

– описывать структуру нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) и их основные свойства;

– понимать, как устроены гены и какая информация в них зашифрована;

– описывать генетический код и его свойства;

– описывать процессы редупликации ДНК;

– описывать процессы транскрипции и трансляции;

– раскрывать значение редупликации и транскрипции нуклеиновых кислот;

– понимать, как возникают мутации, какие они бывают и к каким изменениям могут привести;

– различать как устроены гены и геномы прокариот и эукариот;

– характеризовать прокариот и эукариот на основе их генотипа;

– описывать процесс биосинтеза белка;

– описывать современные теории возникновения эукариотической клетки путем симбиоза нескольких бактерий;

– различать современные методы, которые используются для изучения строения и функционирования геномов (методы ПЦР и секвенирования по Сэнгеру, новейшие методы NGS и секвенирования на нанопорах);

– работать с базами данных, из которых можно узнать информацию практически о любом гене, белке, мутации или болезни, которое уже описано учеными;

– описывать основные этапы получения трансгенных животных и геномного редактирования с помощью системы CRISPR/Cas9;

– описывать основные процессы, которые происходят с хромосомами при митозе и мейозе;

– знать и применять основные правила для решения генетических задач;

– использовать математический аппарат генетики;

– строить филогенетические деревья;

– описывать историю развития человека разумного через призму генетических находок;

– описывать новейшие методы молекулярной генетики (протеом, метаболом, нутриогеном, микробиом);

– описывать роль ДНК в расшифровке таких важных знаний, как родство вымерших и современных организмов, маршруты их распространения, взаимодействие друг с другом;

– 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;

– 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;

– 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 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 учетом этических норм;

– анализировать и использовать в решении учебных и исследовательских задач информацию о современных исследованиях в генетике;

– ориентироваться в системе познавательных ценностей – воспринимать информацию биологического содержания в научно- популярной литературе, средствах массовой информации и Интернет- ресурсах, критически оценивать полученную информацию, анализируя ее содержание и данные об источнике информации;

– создавать собственные письменные и устные сообщения о биологических явлениях и процессах на основе нескольких источников информации, сопровождать выступление презентацией, учитывая особенности аудитории сверстников;

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

**Содержание учебного курса**

***Программа учебного курса «Молекулярная генетика» может корректироваться.***

**Тема 1. Из чего сделаны гены (5 ч)**

Строение ДНК и РНК. Водородные связи. Компелементарность. Репликация. Транскрипция.

Протеиногенные аминокислоты, структура белков. Ферменты. Генетический код. Трансляция. Принцип антипараллельности, 5´ и 3´-концы молекул нуклеиновых кислот. Палиндромные последовательности.

Изменения нуклеотидной последовательности. Варианты последствий для структуры белка. Мутации сдвига рамки считывания. Причины возникновения мутаций. Репарация ДНК.

**Тема 2. Устройство и работа генов (5 ч)**

Домен Археи и домен Эубактерии. Геном прокариот. Гены домашнего хозяйства. Опероны, промоторы, терминаторы. Горизонтальный перенос генов.

Структура. Хромосомы и кариотип. Плоидность. Интроны и экзоны. Не кодирующие последовательности.

Транскрипционные факторы — белки-активаторы и белки-репрессоры. Гистоны. Альтернативный сплайсинг. МикроРНК.

Строение вирусов. Проникновение в клетку. Размножение вирусов. Происхождение вирусов. Роль вирусов в эволюции.

**Тема 3. Методы молекулярной генетики (6 ч)**

ПЦР. Шаги, необходимые для копирования ДНК в пробирке. Роль затравок. Ошибки ДНК-полимеразы. Откуда учёные берут ДНК-полимеразу для ПЦР. Приложения ПЦР.

Секвенирование. Нуклеотиды-терминаторы. Автоматический капиллярный секвенатор. Как прочитать полный геном. Секвенирование нового поколения. Секвенирование в нанопорах. Какую информацию можно получить их «прочитанных» геномов.

Генная инженерия. Рестриктазы. Лигирование. Участки эукариотических генов, которые необходимы для успешного клонирования.

Трансгенные животные. Сборка искусственного гена. Встройка гена в геном. Производство белков в молоке животных. Выбор признака для создания трансгенного животного.

Геномное редактирование. CRISPR/Cas9 – робот, который вносит разрывы в геном. Схема работы системы CRISPR/Cas9. Происхождение CRISPR/Cas9. Создание геномных модификаций с помощью системы CRISPR/Cas9.

**Тема 4. От генов к признакам (4 ч)**

Простые признаки. Что такое признак? Путь от гена до признака. Мутации. Аллели. Гетерозиготы и гомозиготы. Доминантные и рецессивные аллели. Плейотропия. Эпистаз. Сложные признаки. Включение и выключение большого набора генов. Как клетки понимают, какие гены должны работать.

Митоз. Клеточный цикл. Изменение хромосомы при подготовке к делению. Веретено деления. Этапы митоза.

Мейоз. Гомологичные хромосомы. Конъюгация, биваленты. Обмен похожими участками хромосом — кроссинговер. Расхождение хромосом в первом делении мейоза.

Бесполое и половое размножение.

**Тема 5. Законы Менделя (7 ч)**

Схема скрещивания. Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления признака во втором поколении.

Дигибридное скрещивание. Независимое расхождение хромосом. Решётка Пеннета. Сцепленное наследование.

Половые хромосомы. Самцы и самки. Влияние факторов окружающей среды. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Проблема дополнительной Х- хромосомы у женщин. Трёхцветные кошки.

Группы крови. Агглютиногены, агглютинины. Агглютинация.

**Тема 6. Гены в популяциях (4 ч)**

Популяция. Частоты встречаемости признака и аллеля. Уравнение Харди- Вайнберга. Факторы, которые выводят популяцию из равновесия Харди-Вайнберга. Численность популяции. Эффект основателя. Эффект бутылочного горлышка. Дрейф генов. Мутации. Неслучайное скрещивание. Изоляция.

Механизм действия естественного отбора. Движущий отбор.

**Тема 7. Генетика количественных признаков (4 ч)**

Коэффициент наследуемости признака. Средовая изменчивость признака. Полигенная аддитивная модель наследования. Суммирование ошибок. Пороговая модель наследования.

Картирование аллелей на хромосоме. Однонуклеотидные варианты генов.

Конкордантность, коэффициент наследуемости. Полногеномный анализ ассоциаций. Профили генной экспрессии. Эпигенетика.

Нейромедиаторы. Гены и мутации в них, приводящие к нарушениям поведения. Материнская забота.

**Тема 8. Генетика открывает исторические тайны (5 ч)**

Метод молекулярных часов. Ортологичные гены. Скорость накопления мутаций. Палеонтология. Датировка эволюционных событий.

Филогенетическое дерево. Узел, ветвь, корень, клада в филогенетическом дереве. Конвергентная эволюция. Палеогенетика. Остатки древних животных. Реконструкция филогенетически взаимоотношений вымерших и современных животных. Данные о доместикации. Данные о распространении болезней. Проблема загрязнения современной ДНК.

Генетические маркеры. ДНК-фингерпринтинг. Исторические примеры. Практикум.

**Тема 9. Генетика раскрывает тайны человека (4 ч)**

Предыстория возникновения человека: ближайшие родственники за пределами отряда Приматов. Филогенетическое дерево Приматов. Основные этапы эволюции человека. Сравнение геномов человека и шимпанзе.

Гипотеза недавнего африканского происхождения современного человека. Митохондриальная Ева и Y-хромосомный Адам. Неандертальцы (Homo neanderthalensis). Денисовский человек.

Этногеномика. Серьезные изменения генетического состава европейцев. Родство носителей археологических культур и современных народов. Расы человека — миф или реальность?

**Тема 10. Геномные технологии (6 ч)**

Постгеномная эра. Обратная генетика. «Омиксные» исследования. Протеом, метаболом.

Доместикация и центры генетического разнообразия. Поиски растений с «хорошими» признаками для человека. Центры генетического разнообразия. Николай Иванович Вавилов. Селекция. Массовый и индивидуальный отбор. Гетерозис и гибридный отбор.

Как правильно хранить гены. Коллекции генетических ресурсов растений. Дикие родичи и новая доместикация.

Как получают клоны. Первые клонированные животные. Репродуктивное и терапевтическое клонирование. Восстановление генов вымерших животных.

Генная терапия. Ребенок-бабочка и новая кожа. Мини-кишечник и Фабиан. Моторные нейроны и сплайсинг.

Генетические центры в нашей стране. Где занимаются генетикой и геномикой для нужд сельского хозяйства. Где занимаются генетикой и геномикой для здоровья человека. Изучение молекулярных механизмов передачи генетической информации и генных сетей. Генетика вирусов и бактерий.

**Учебно-методическое обеспечение образовательного процесса**

***Литература для учителя***

Естественно-научные предметы. Практическая молекулярная генетика для начинающих: 8-9 классы: учебное пособие для общеобразовательных организаций/Ю.С. Аульченко, Н.Р. Баттулин, П.М. Бородин (и др.); под ред. П.М. Бородина и Е.Н. Ворониной. – М: Просвещение, 2021. – 272 с.

Примерная образовательная программа учебного курса «Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8-9 классы». Предметная область «Естественно-научные предметы» для 5-9 классов образовательных организаций, реализующих образовательные программы основного общего образования. – М., 2021.

**Материально-техническое обеспечение курса**

***Материалы и оборудование, предлагаемое примерной программой курса, может корректироваться.***

Также могут быть использованы цифровые микроскопы и микропрепараты **центра «Точка роста»** естественно-научной направленности.

Принадлежности для практических заданий: развёртки для сборки модели ДНК из бумаги, цветная бумага, принтер, скотч, клей-карандаш, набор шашек, набор пластмассовых шариков с липучками или разноцветных магнитов, наборы кубиков разных цветов, кубики игральные, конверты, карточки с рисунками реакций агглютинации с сыворотками для разных групп крови.

Оборудование демонстрационное: персональный компьютер, электронная панель.

Оборудование учебное: пробирки, химические стаканы, ступка и пестик, спиртовка, воронка, фильтровальная бумага, штативы, стеклянные палочки, колбы, чашка фарфоровая, стеклянная палочка с резиновым наконечником, ложечка-дозатор (шпатель), мерный цилиндр (10 мл) или мерная пробирка, универсальная бумага со шкалой значений рН, фильтровальная бумага, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пипетки, лопата, совок, рулетка, спиртовка, марля или бинт.

Реактивы: пероксид водорода, дистиллированная вода, нитрат серебра, хлорид калия, хромат калия, гидроксид калия, концентрированная серная кислота, уксусная кислота, йод, растительное масло, мыльный раствор, яичный белок, молоко, пробирки, штатив для пробирок, 10%-ный раствор гидроксида натрия, 1%-ный раствор сульфата меди (II), концентрированная азотная кислота, луковица, клубень картофеля, кусочки мяса, банан, этиловый или изопропиловый спирт, мел, трава, йогурт или другая кисломолочная продукция, метиленовый синий и др.

**Тематическое планирование**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Тема занятия | Содержание образования | Кол-во часов |
| **10 класс (27 ч)** | | | |
|  | **Тема 1. Из чего сделаны гены** |  | **5** |
| 1 | Молекулы жизни | Строение ДНК и РНК. Водородные связи. Компелементарность. Репликация. Транскрипция. | 1 |
| 2 | Белки и генетический код | Протеиногенные аминокислоты, структура белков. Ферменты. Генетический код. Трансляция. | 1 |
| 3 | Решение задач по теме «Белки. Генетический код» | Принцип антипараллельности, 5´ и 3´-концы молекул нуклеиновых кислот. Палиндромные последовательности. |  |
| 4 | Ошибки в ДНК – мутации | Изменения нуклеотидной последовательности. Варианты последствий для структуры белка. Мутации сдвига рамки считывания. Причины возникновения мутаций. Репарация ДНК. | 1 |
| 5 | Практикум решения задач по теме 1. |  | 1 |
|  | **Тема 2. Устройство и работа генов** |  | **5** |
| 6 | Мир прокариот | Домен Археи и домен Эубактерии. Геном прокариот. Гены домашнего хозяйства. Опероны, промоторы, терминаторы. Горизонтальный перенос генов. | 1 |
| 7 | Устройство генов у эукариот | Структура. Хромосомы и кариотип. Плоидность. Интроны и экзоны. Не кодирующие последовательности. | 1 |
| 8 | Управление генами у эукариот | Транскрипционные факторы — белки-активаторы и белки-репрессоры. Гистоны. Альтернативный сплайсинг. МикроРНК. | 1 |
| 9 | Вирусы - геномные хулиганы | Строение вирусов. Проникновение в клетку. Размножение вирусов. Происхождение вирусов. Роль вирусов в эволюции. | 1 |
| 10 | Практикум решения задач по теме 2. |  | 1 |
|  | **Тема 3. Методы молекулярной генетики** |  | **6** |
| 11 | Полимеразная цепная реакция (ПЦР) | ПЦР. Шаги, необходимые для копирования ДНК в пробирке. Роль затравок. Ошибки ДНК-полимеразы. Откуда учёные берут ДНК-полимеразу для ПЦР. Приложения ПЦР. | 1 |
| 12 | Расшифровка ДНК: секвенирование | Секвенирование. Нуклеотиды-терминаторы. Автоматический капиллярный секвенатор. Как прочитать полный геном. Секвенирование нового поколения. Секвенирование в нанопорах. Какую информацию можно получить их «прочитанных» геномов. | 1 |
| 13 | Генная инженерия | Генная инженерия. Рестриктазы. Лигирование. Участки эукариотических генов, которые необходимы для успешного клонирования. | 1 |
| 14 | Трансгенные животные | Трансгенные животные. Сборка искусственного гена. Встройка гена в геном. Производство белков в молоке животных. Выбор признака для создания трансгенного животного. | 1 |
| 15 | Редактирование геномов | Геномное редактирование. CRISPR/Cas9 – робот, который вносит разрывы в геном. Схема работы системы CRISPR/Cas9. Происхождение CRISPR/Cas9. Создание геномных модификаций с помощью системы CRISPR/Cas9. | 1 |
| 16 | Практикум решения задач по теме 3. |  | 1 |
|  | **Тема 4. От генов к признакам** |  | **4** |
| 17 | От гена к признаку | Простые признаки. Что такое признак? Путь от гена до признака. Мутации. Аллели. Гетерозиготы и гомозиготы. Доминантные и рецессивные аллели. Плейотропия. Эпистаз. | 1 |
| 18 | Гены строят организм | Сложные признаки. Включение и выключение большого набора генов. Как клетки понимают, какие гены должны работать. | 1 |
| 19 | Митоз и мейоз | Митоз. Клеточный цикл. Изменение хромосомы при подготовке к делению. Веретено деления. Этапы митоза.  Мейоз. Гомологичные хромосомы. Конъюгация, биваленты. Обмен похожими участками хромосом — кроссинговер. Расхождение хромосом в первом делении мейоза. Бесполое и половое размножение | 1 |
| 20 | Практикум решения задач по теме 4. |  | 1 |
|  | **Тема 5. Законы Менделя** |  | **7** |
| 21 | Законы Менделя: один ген – один признак | Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления признака во втором поколении. | 1 |
| 22 | Решение генетических задач на моногибридное скрещивание | Моногибридное скрещивание. Схема скрещивания. | 1 |
| 23 | Законы Менделя: несколько генов – несколько признаков | Дигибридное скрещивание. Независимое расхождение хромосом. Решётка Пеннета. | 1 |
| 24 | Решение генетических задач на дигибридное и полигибридное скрещивание | Дигибридное и полигибридное скрещивание. Схема скрещивания. | 1 |
| 25 | Определение пола | Сцепленное наследование.  Половые хромосомы. Самцы и самки. Влияние факторов окружающей среды. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Проблема дополнительной Х- хромосомы у женщин. Трёхцветные кошки. | 1 |
| 26 | Группы крови и их приключения | Группы крови. Агглютиногены, агглютинины. Агглютинация. |  |
| 27 | Практикум решения задач по теме 5 |  | 1 |
| **11 класс (23 ч)** | | | |
|  | **Тема 6. Гены в популяциях** |  | **4** |
| 1 | Гены в популяциях: великое равновесие | Популяция. Частоты встречаемости признака и аллеля. Уравнение Харди- Вайнберга. | 1 |
| 2 | Популяции меняются | Факторы, которые выводят популяцию из равновесия Харди-Вайнберга. Численность популяции. Эффект основателя. Эффект бутылочного горлышка. Дрейф генов. Мутации. Неслучайное скрещивание. Изоляция. | 1 |
| 3 | Естественный отбор | Механизм действия естественного отбора. Движущий отбор. | 1 |
| 4 | Практикум решения задач по теме 6 |  | 1 |
|  | **Тема 7. Генетика количественных признаков** |  | **4** |
| 5 | Наследование количественных признаков | Коэффициент наследуемости признака. Средовая изменчивость признака. Полигенная аддитивная модель наследования. Суммирование ошибок. Пороговая модель наследования. | 1 |
| 6 | Поиск генов количественных признаков | Картирование аллелей на хромосоме. Однонуклеотидные варианты генов. | 1 |
| 7 | Генетика поведения | Конкордантность, коэффициент наследуемости. Полногеномный анализ ассоциаций. Профили генной экспрессии. Эпигенетика.  Нейромедиаторы. Гены и мутации в них, приводящие к нарушениям поведения. Материнская забота. | 1 |
| 8 | Практикум решения задач по теме 7 |  | 1 |
|  | **Тема 8. Генетика открывает исторические тайны** |  | **5** |
| 9 | ДНК как хронометр эволюции | Метод молекулярных часов. Ортологичные гены. Скорость накопления мутаций. Палеонтология. Датировка эволюционных событий. | 1 |
| 10 | Филогенетические деревья | Филогенетическое дерево. Узел, ветвь, корень, клада в филогенетическом дереве. | 1 |
| 11 | Генетика археологических раскопок | Конвергентная эволюция. Палеогенетика. Остатки древних животных. Реконструкция филогенетически взаимоотношений вымерших и современных животных. Данные о доместикации. Данные о распространении болезней. Проблема загрязнения современной ДНК. | 1 |
| 12 | Генетическая криминалистика | Генетические маркеры. ДНК-фингерпринтинг. Исторические примеры. | 1 |
| 13 | Практикум решения задач по теме 8 |  | 1 |
|  | **Тема 9. Генетика раскрывает тайны человека** |  | **4** |
| 14 | Предыстория возникновения человека | Предыстория возникновения человека: ближайшие родственники за пределами отряда Приматов. Филогенетическое дерево Приматов. Основные этапы эволюции человека. Сравнение геномов человека и шимпанзе. | 1 |
| 15 | Неандертальцы, денисовцы и другие  люди | Гипотеза недавнего африканского происхождения современного человека. Митохондриальная Ева и Y-хромосомный Адам. Неандертальцы (Homo neanderthalensis). Денисовский человек. | 1 |
| 16 | Великое переселение народов | Этногеномика. Серьезные изменения генетического состава европейцев. Родство носителей археологических культур и современных народов. Расы человека — миф или реальность? | 1 |
| 17 | Практикум решения задач по теме 9 |  | 1 |
|  | **Тема 10. Геномные технологии** |  |  |
| 18 | «Омы» над геномом | Постгеномная эра. Обратная генетика. «Омиксные» исследования. Протеом, метаболом. | 1 |
| 19 | Доместикация и центры генетического разнообразия | Доместикация и центры генетического разнообразия. Поиски растений с «хорошими» признаками для человека. Центры генетического разнообразия. Николай Иванович Вавилов. Селекция. Массовый и индивидуальный отбор. Гетерозис и гибридный отбор. | 1 |
| 20 | Как сохраняют и изучают гены | Как правильно хранить гены. Коллекции генетических ресурсов растений. Дикие родичи и новая доместикация. | 1 |
| 21 | Клонирование организмов | Как получают клоны. Первые клонированные животные. Репродуктивное и терапевтическое клонирование. Восстановление генов вымерших животных. | 1 |
| 22 | Генетика спасает жизни | Генная терапия. Ребенок-бабочка и новая кожа. Мини-кишечник и Фабиан. Моторные нейроны и сплайсинг. | 1 |
| 23 | Заключение. Добро пожаловать в генетику! | Генетические центры в нашей стране. Где занимаются генетикой и геномикой для нужд сельского хозяйства. Где занимаются генетикой и геномикой для здоровья человека. Изучение молекулярных механизмов передачи генетической информации и генных сетей. Генетика вирусов и бактерий. | 1 |