**муниципальное автономное общеобразовательное учреждение**

**города Ростова-на-Дону «Школа № 60 имени пятого гвардейского Донского казачьего кавалерийского Краснознаменного Будапештского корпуса»**

**(МАОУ «Школа № 60»)**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| СОГЛАСОВАНОПротокол заседания методического совета МАОУ «Школа № 60»от 30.08.2023 № 1\_\_\_\_\_\_\_\_ Чубарьян Г.З.подпись руководителя МС Ф.И.О. | СОГЛАСОВАНОЗаместитель директораМАОУ «Школа № 60»\_\_\_\_\_\_\_ Буданова Н.О. подпись Ф.И.О.30.08. 2023 года | УТВЕРЖДАЮДиректор МАОУ «Школа № 60»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. ВихтоденкоПриказ от 30.08.2023 № 350 |

**Рабочая программа**

по курсу **«практическая молекулярная генетика для начинающих. 8—9 классы»**.

 (учебный предмет, курс)

Уровень общего образования (класс)

основное общее образование\_\_\_\_\_\_8.2 класс

(начальное общее, основное общее, среднее общее образование с указанием класса)

Количество часов 1 час в неделю

Учитель: Чубарьян Г.З.

|  |
| --- |
| Внесены изменения в соответствии с приказом от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_\_\_ |

Ростов-на-Дону

2023

**Пояснительная записка**

Программа 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.

Примерная образовательная программа предназначена для организации образовательной деятельности обучающихся в 8—9 классах.

Сквозной целевой установкой программы является формирование нравственных, гуманистических идеалов обучающихся, как основы целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики.Программа направлена на формирование интеллектуальных и практических умений в области генетики, формирование естественно-научной грамотности.

Освоение программы 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.

Содержание образовательной программы учитывает требования к результатам освоения основной образовательной программы основного общего образования, представленных в Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования; наполнение фундаментального ядра содержания общего образования; программу развития и формирования универсальных учебных действий.

Образовательная программа рассчитана на 2 года обучения.

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 в лаборатории (если таковая имеется в школе).

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 учащихся 8-9 классов общеобразовательных организаций, в том числе имеющих классы естественно-научного направления. Программа рассчитана на 2 года обучения и включает в себя 68 учебных часов, по 34 часа в год из расчёта 1 час в неделю. Учебный курс «Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8-9 классы» 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.

**СОДЕРЖАНИЕ ОБУЧЕНИЯ**

**Введение**

**Модуль 1. Из чего сделаны гены**

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

Аминокислоты, структура белков. Ферменты. Генетический код. Трансляция. Практические задания «Пространственная структура РНК» и «Трёхмерные модели белков». Модель «Трансляция».

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

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Качественные реакции на белки».
2. «Выделение ДНК из банана».

**Модуль 2. Устройство и работа генов**

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. Проект «Модели вирусов».

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Выращивание культуры бактерий и микроскопический анализ».
2. «Электрофорез».

**Модуль 3. Методы молекулярной генетики**

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. Ролевая игра «Как работает CRISPR/Cas9». Создание геномных модификаций с помощью системы CRISPR/Cas9.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Конструирование праймеров».
2. «Определение инфекционного агента».
3. «Анализ наличия гена в плазмиде».
4. «Конструирование направляющей РНК для системы CRISPR/Cas9».
5. «Чувствительность к пропилтиоурацилу».

**Модуль 4. От генов к признакам**

Простые признаки. Что такое признак? Путь от гена до признака. Мутации. Аллели. Гетерозиготы и гомозиготы. Доминантные и рецессивные аллели. Плейотропия. Эпистаз. Практическое задание «Откуда берутся признаки».

Сложные признаки. Включение и выключение большого набора генов. Как клетки понимают, какие гены должны работать.

 Практическое задание «Алгоритмы для клеток». Гены-переключатели.

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. Зачем нужна рекомбинация – гипотезы. Практическое задание «Половое и бесполое размножение».

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Создаём мультфильм про клеточное деление».
2. «Определение стадии митоза».
3. «Мейоз в пыльниках».

**Модуль 5. Законы Менделя**

Схема скрещивания. Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления признака во втором поколении. Практическое задание «Единообразие первого поколения». Практическое задание «Расщепление во втором поколении».

Дигибридное скрещивание. Независимое расхождение хромосом. Практическое задание «Решётка Пеннета». Сцепленное наследование.

Половые хромосомы. Самцы и самки. Влияние факторов окружающей среды. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Практическое задание «Наследование, сцепленное с полом». Проблема дополнительной Х-хромосомы у женщин. Трёхцветные кошки.

**Практикум.** Лабораторные работы:

«Группы крови и их приключения».

**Модуль 6. Гены в популяциях**

Популяция. Частоты встречаемости признака и аллеля. Уравнение Харди-Вайнберга. Практическое задание «Частоты аллелей, генотипов и фенотипов».

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.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Модели отбора».
2. «Частоты аллеля чёрной окраски в локальной популяции кошек».

**Модуль 7. Генетика количественных признаков**

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. Практическое задание «Расчёт коэффицента наследуемости признака».

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

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Предсказание собственного роста».
2. «Транскрипционная активность».

**Модуль 8. Генетика открывает исторические тайны**

Метод молекулярных часов. Ортологичные гены. Скорость накопления мутаций. Палеонтология. Датировка эволюционных событий. Практическое задание «Определение темпа замен».

Филогенетическое дерево. Узел, ветвь, корень, клада в филогенетическом дереве. Конвергентная эволюция. Практическое задание «Определение дистанции между таксонами».

Палеогенетика. Остатки древних животных. Реконструкция филогенетически взаимоотношений вымерших и современных животных. Данные о доместикации. Данные о распространении болезней. Проблема загрязнения современной ДНК. Практическое задание «Восстанавливаем филогению по останкам древнего человека».

Генетические маркеры. ДНК-фингерпринтинг. Исторические примеры. Практическое задание «Идентификация останков».

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «В поисках последней общей бабушки».
2. «Поиск пропавшей хромосомы».
3. «ДНК-баркодирование биологических объектов (растений, насекомых) для точного определения видов и поиска видов-двойников».

**Модуль 9. Генетика раскрывает тайны человека**

Предыстория возникновения человека:ближайшие родственники за пределами отряда Приматов. Филогенетическое дерево Приматов. Основные этапы эволюции человека. Практическое задание «Восстанавливаем эволюцию рода *Homo*». Сравнение геномов человека и шимпанзе.

Гипотеза недавнего африканского происхождения современного человека. Митохондриальная Ева и Y-хромосомный Адам. Практическое задание «Митохондриальная Ева». Практическое задание «Митохондриальный гаплотип». Неандертальцы *(Homo neanderthalensis).* Денисовский человек.

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

**Практикум.** Лабораторная работа

«Расщепление лактозы».

**Модуль 10. Геномные технологии**

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

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. Практическое задание «Гомологические ряды наследственной изменчивости».

 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.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Анализ семян».
2. «Образование симбиотических клубеньков на корнях гороха».
3. «Наблюдения за собакой (дома) и волком (в зоопарке)».

**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.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

**Личностные, метапредметные и предметные результаты освоения курса**

*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 регуляции 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 аналоговых и цифровых биологических приборов, и инструментов;

- 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.

**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.

 **ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№****урока** | **Тема урока** | **Основное содержание** | **Количество часов** |
| **8 класс****Введение** | **1** |
| **1** | **Введение** | Похвальное слово научному методу, или как заниматься наукой с помощью этой книги | 1 |
| **Модуль 1. Из чего сделаны гены** | **6** |
| **2** | **Молекулы жизни** | Строение ДНК и РНК. Водородные связи. Компелементарность. Репликация. Транскрипция. Практические задания «ДНК своими руками», «Вкусная модель ДНК» | 1 |
| **3-4** | **Белки и генетический код** | Аминокислоты, структура белков. Ферменты. Генетический код. Трансляция. Практические задания «Пространственная структура РНК» и «Трёхмерные модели белков». Модель «Трансляция» | 2 |
| **5** | **Ошибки в ДНК — мутации** | Изменения нуклеотидной последовательности. Варианты последствий для структуры белка. Мутации сдвига рамки считывания. Причины возникновения мутаций. Репарация ДНК. Задача «Мутант». Модель «Мутации» | 1 |
| **6-7** | **Практикум** | Лабораторные работы: «Качественные реакции на белки». «Выделение ДНК из банана» | 2 |
| **Модуль 2. Устройство и работа генов** | **6** |
| **8-9** | **Мир прокариот** | Домен Археи и домен Эубактерии. Геном прокариот. Гены домашнего хозяйства. Опероны, промоторы, терминаторы. Горизонтальный перенос генов. Игра-демонстрация «Оперон». Задача «Узнай, что это за бактерия, по ДНК» | 2 |
| **10** | **Устройство генов у эукариот** | Структура. Хромосомы и кариотип. Плоидность. Интроны и экзоны. Некодирующие последовательности. Практическое задание «Кариотип».  | 1 |
| **11** | **Управление генами у эукариот** | Транскрипционные факторы — белки-активаторы и белки-репрессоры. Гистоны. Альтернативный сплайсинг. МикроРНК. Задача «Транскриптомный анализ». Задача «Уровень транскрипции гена» | 1 |
| **12** | **Вирусы — геномные хулиганы** | Строение вирусов. Проникновение в клетку. Размножение вирусов. Происхождение вирусов. Роль вирусов в эволюции. Проект «Модели вирусов». Задача «Правило Чаргаффа для вирусов» | 1 |
| **13** | **Практикум** | Лабораторные работы:«Выращивание культуры бактерий и микроскопический анализ». «Электрофорез» | 1 |
| **Модуль 3.** **Методы молекулярной генетики** | **7** |
| **14** | **Размножение ДНК в пробирке: полимеразная цепная реакция** | ПЦР. Шаги, необходимые для копирования ДНК в пробирке. Роль затравок. Ошибки ДНК-полимеразы. Откуда учёные берут ДНК-полимеразу для ПЦР. Приложения ПЦР | 1 |
| **15** | **Расшифровка ДНК: секвенирование** | Секвенирование. Нуклеотиды-терминаторы. Автоматический капиллярный секвенатор. Как прочитать полный геном. Практическое задание «Найди мутацию». Практическое задание «Мутации, приводящие к развитию опухоли». Секвенирование нового поколения. Секвенирование в нанопорах. Какую информацию можно получить их «прочитанных» геномов | 1 |
| **16** | **Генная инженерия** | Генная инженерия. Рестриктазы. Лигирование. Участки эукариотических генов, которые необходимы для успешного клонирования | 1 |
| **17** | **Конструирование организмов: трансгенные животные** | Трансгенные животные. Сборка искусственного гена. Встройка гена в геном. Производство белков в молоке животных. Выбор признака для создания трансгенного животного. Практическое задание «Реальные ГМО» | 1 |
| **18** | **Редактирование генов** | 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 |
| **19-20** | **Практикум** | Лабораторные работы:«Конструирование праймеров». «Определение инфекционного агента». «Анализ наличия гена в плазмиде». «Конструирование направляющей РНК для системы CRISPR/Cas9». «Чувствительность к пропилтиоурацилу» | 2 |
| **Модуль 4. От генов к признакам** | **6** |
| **21** | **От генов к простым признакам** | Простые признаки. Что такое признак? Путь от гена до признака. Мутации. Аллели. Гетерозиготы и гомозиготы. Доминантные и рецессивные аллели. Плейотропия. Эпистаз.  | 1 |
| **22** | **Гены строят организм** | Сложные признаки. Включение и выключение большого набора генов. Как клетки понимают, какие гены должны работать. Гены-переключатели | 1 |
| **23** | **Митоз** | Митоз. Клеточный цикл. Изменение хромосомы при подготовке к делению. Веретено деления. Этапы митоза. Как покрасить хромосому. Задача «Организм из зиготы» | 1 |
| **24** | **Мейоз** | Мейоз. Гомологичные хромосомы. Конъюгация, биваленты. Обмен похожими участками хромосом — кроссинговер. Практическое задание «Кроссинговер». Расхождение хромосом в первом делении мейоза | 1 |
| **25** | **Рекомбинация** | Бесполое и половое размножение. Зачем нужна рекомбинация – гипотезы. Практическое задание «Половое и бесполое размножение» | 1 |
| **26** | **Практикум** | Лабораторные работы:«Создаём мультфильм про клеточное деление». «Определение стадии митоза». «Мейоз в пыльниках» | 1 |
| **Модуль 5. Законы Менделя** | **4** |
| **27** | **Законы Менделя. Один признак** | Схема скрещивания. Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления признака во втором поколении. Практическое задание «Единообразие первого поколения». Практическое задание «Расщепление во втором поколении» | 1 |
| **28** | **Законы Менделя. Несколько признаков** | Дигибридное скрещивание. Независимое расхождение хромосом. Практическое задание «Решётка Пеннета». Сцепленное наследование | 1 |
| **29** | **Определение пола** | Половые хромосомы. Самцы и самки. Влияние факторов окружающей среды. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Практическое задание «Наследование, сцепленное с полом». Проблема дополнительной Х-хромосомы у женщин. Трёхцветные кошки | 1 |
| **30** | **Практикум** | Лабораторная работа «Группы крови и их приключения» | 1 |
| **Модуль 6. Гены в популяциях** | **4** |
| **31** | **Гены в популяциях — великое равновесие** | Популяция. Частоты встречаемости признака и аллеля. Уравнение Харди-Вайнберга. Практическое задание «Частоты аллелей, генотипов и фенотипов» | 1 |
| **32** | **Популяции: численность, миграция, мутация**  | Факторы, которые выводят популяцию из равновесия Харди-Вайнберга. Численность популяции. Эффект основателя. Эффект бутылочного горлышка. Дрейф генов. Мутации. Неслучайное скрещивание. Изоляция | 1 |
| **33** | **Популяции меняются: естественный отбор** | Механизм действия естественного отбора. Движущий отбор.  | 1 |
| **34** | **Практикум** | Лабораторные работы:«Модели отбора». «Частоты аллеля чёрной окраски в локальной популяции кошек» | 1 |
| **Итого первый год обучения** | **34** |
| **9 класс****Модуль 7. Генетика количественных признаков** | **7** |
| **1** | **Наследование количественных признаков** | Коэффициент наследуемости признака. Средовая изменчивость признака. Полигенная аддитивная модель наследования. Суммирование ошибок. Пороговая модель наследования | 1 |
| **2** | **Поиск генов количественных признаков** | Картирование аллелей на хромосоме. Однонуклеотидные варианты генов | 1 |
| **3-4** | **Генетика поведения** | Конкордантность, коэффициент наследуемости. Полногеномный анализ ассоциаций. Профили генной экспрессии. Эпигенетика. Практическое задание «Расчёт коэффицента наследуемости признака» | 2 |
| **5** | **От гена к поведению** | Нейромедиаторы. Гены и мутации в них, приводящие к нарушениям поведения. Материнская забота | 1 |
| **6-7** | **Практикум** | Лабораторные работы: «Модели отбора». «Частоты аллеля чёрной окраски в локальной популяции кошек» | 2 |
| **Модуль 8. Генетика открывает исторические тайны** | **9** |
| **8-9** | **ДНК как хронометр эволюции** | Метод молекулярных часов. Ортологичные гены. Скорость накопления мутаций. Палеонтология. Датировка эволюционных событий. Практическое задание «Определение темпа замен» | 2 |
| **10-11** | **Филогенетические деревья** | Филогенетическое дерево. Узел, ветвь, корень, клада в филогенетическом дереве. Конвергентная эволюция. Практическое задание «Определение дистанции между таксонами» | 2 |
| **12-13** | **Генетика на археологических раскопках** | Палеогенетика. Остатки древних животных. Реконструкция филогенетически взаимоотношений вымерших и современных животных. Данные о доместикации. Данные о распространении болезней. Проблема загрязнения современной ДНК. Практическое задание «Восстанавливаем филогению по останкам древнего человека» | 2 |
| **14** | **Генетическая криминалистика** | Генетические маркеры. ДНК-фингерпринтинг. Исторические примеры. Практическое задание «Идентификация останков» | 1 |
| **15-16** | **Практикум** | Лабораторные работы: «В поисках последней общей бабушки». «Поиск пропавшей хромосомы». «ДНК-баркодирование биологических объектов (растений, насекомых) для точного определения видов и поиска видов-двойников» | 2 |
| **Модуль 9. Генетика раскрывает тайны человека** | **7** |
| **17-18** | **Предыстория возникновения человека** | Ближайшие родственники за пределами отряда Приматов. Филогенетическое дерево Приматов. Основные этапы эволюции человека. Практическое задание «Восстанавливаем эволюцию рода Homo». Сравнение геномов человека и шимпанзе | 2 |
| **19-20** | **Возникновение и ранняя генетическая история человечества** | Гипотеза недавнего африканского происхождения современного человека. Митохондриальная Ева и Y-хромосомный Адам. Практическое задание «Митохондриальная Ева». Практическая работа «Митохондриальный гаплотип». Неандертальцы (Homo neanderthalensis). Денисовский человек | 2 |
| **21-22** | **Самое первое великое переселение народов** | Этногеномика. Серьезные изменения генетического состава европейцев. Родство носителей археологических культур и современных народов. Расы человека — миф или реальность? | 2 |
| **23** | **Практикум** | Лабораторная работа «Расщепление лактозы» | 1 |
| **Модуль 10. Геномные технологии** | **11** |
| **24-25** | **«Омы» над геномом** | Постгеномная эра. Обратная генетика. «Омиксные» исследования. Протеом, метаболом. Практическое задание «Агрономы» | 2 |
| **26-27** | **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. Практическое задание «Гомологические ряды наследственной изменчивости» | 2 |
| **28** | **Сохранить и изучить гены, чтобы менять будущее** | Как правильно хранить гены. Коллекции генетических ресурсов растений. Дикие родичи и новая доместикация | 1 |
| **29** | **Клонирование организмов** | Как получают клоны. Первые клонированные животные. Репродуктивное и терапевтическое клонирование. Восстановление генов вымерших животных | 1 |
| **30** | **Как генетика спасает жизни** | Генная терапия. Ребенок-бабочка и новая кожа. Мини-кишечник и Фабиан. Моторные нейроны и сплайсинг | 1 |
| **31-32** | **Практикум** | Лабораторные работы: «Анализ семян». «Образование симбиотических клубеньков на корнях гороха». «Наблюдения за собакой (дома) и волком (в зоопарке)» | 2 |
| **33** | **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 |
| **34** | **Обобщающий урок** |  | 1 |
| **Итого второй год обучения** | **34** |