

Кировское областное государственное автономное образовательное учреждение  
дополнительного образования  
«ЦЕНТР ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ОДАРЕННЫХ ШКОЛЬНИКОВ»

Принято на заседании  
Экспертного совета  
Регионального центра  
20.01.2025

Принято на заседании  
методического совета  
КОГАОУ ДО ЦДООШ  
23.01.2025

УТВЕРЖДАЮ  
\_\_\_\_\_  
директор ЦДООШ  
Перминова Е.Н.  
23.01.2025

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА

### «СОВРЕМЕННАЯ БИОЛОГИЯ (9-11 КЛАССЫ)»

Направленность программы – естественно-научная

Срок реализации – 11 дней

*Авторы-составители:*

О. Н. Вишницкая – к.б.н., методист, педагог дополнительного образования КОГАОУ ДО ЦДООШ;

Е. Н. Лимонова – методист, педагог дополнительного образования высшей категории КОГАОУ ДО ЦДООШ;

Д. В. Пупов – к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики микроорганизмов ФГБУ Института молекулярной генетики НИЦ «Курчатовский институт»

*Руководитель программы:* Е. Н. Лимонова

КИРОВ, 2025

# І. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**Направленность** программы – естественно-научная.

**Актуальность, новизна, педагогическая целесообразность.** Данный курс предназначен для ликвидации пробелов в знаниях учащихся по биологии в темах, касающихся внешнего и внутреннего строения организмов, физиологических и молекулярно-биологических процессов, происходящих на разных уровнях организации живого, а также вопросов теоретической биологии. Курс отвечает современным требованиям теоретической и практической подготовки учащихся к заключительному этапу всероссийской олимпиады школьников по биологии (ВсОШ).

**Цели и задачи обучающей программы.** Цель курса – углубление теоретических знаний, отработка практических умений и навыков по биологии.

*Задачи курса:*

I. Образовательные:

- углубление знаний об анатомических, морфологических и экологических особенностях низших и высших растений;
- углубление знаний об анатомических, морфологических, физиологических, экологических и этологических особенностях животных;
- формирование целостной системы знаний об общих биологических закономерностях, законах, теориях;
- формирование умений исследовать и анализировать биологические объекты и системы, объяснять закономерности биологических процессов и явлений;
- формирование умений определять объекты по внешнему виду и по определителю.

II. Развивающие:

- развитие умений анализировать, синтезировать, обобщать информацию;
- развитие умений сравнивать, выявлять основания для сравнения и классификации;
- развитие умений работать в режиме ограниченного времени;
- развитие умений вести наблюдения и формулировать выводы;
- развитие умения работать с биологическими объектами.

III. Воспитательные:

- воспитание познавательного интереса к предмету;
- создание условий для формирования личностных качеств: аккуратности, внимательности, целеустремленности;
- формирование навыка самостоятельной работы.

**Отличительные особенности данной программы от уже существующих программ.** В школьном курсе биологии предусматривается знакомство учащихся с морфологическим строением организмов; рассматривается их строение в зависимости от мест их обитания; видоизменения органов, при этом недостаточно уделяется внимание строению, происхождению, функционированию органов; мало времени отводится на проведение практических занятий. Программой предусмотрено углубление и расширение тем за рамки школьной программы, что позволяет учащимся справиться с заданиями разной степени сложности на заключительном этапе олимпиады.

Программа рассчитана на учащихся 9-11 классов. Возраст обучающихся – 14-18 лет.

### **Формы и режим занятий.**

В ходе проведения занятий используются методы: словесные (лекция, беседа, рассказ), наглядные (демонстрации объектов, пособий), практические (распознавание и определение объектов, решение задач). Учебные занятия проводятся в форме лекций, практических занятий, семинаров.

Для проведения лабораторных работ используются наиболее интересные объекты исследования. Их отбор осуществляется согласно принципам доступности, широкой распространенности.

На занятиях применяются индивидуальные, групповые и коллективные формы работы: постановка, обсуждение и решение проблемной задачи; постановка опытов и обсуждение полученных результатов.

По результатам работы на каждом занятии учащиеся получают сертификат об окончании курса.

### **Ожидаемые результаты и способы определения их результативности.**

Результатами занятий является повышение уровня знаний по биологии; умение применять теоретические знания, полученные во время занятий на практике. Основными средствами диагностики являются практические занятия и тестирование, оцениваемые по рейтинговой системе, а также успешное выступление учащихся на заключительном этапе ВсОШ.

### **В результате изучения курса учащиеся должны знать:**

- признаки и особенности строения биологических объектов: внутриклеточных структур, клеток, живых организмов (растений, животных, грибов и бактерий); популяций; экосистем; биосферы;
- сущность биологических процессов: обмен веществ и превращения энергии, питание, дыхание, выделение, транспорт веществ, рост, развитие, размножение, регуляция жизнедеятельности организма, раздражимость, круговорот веществ и превращения энергии в экосистемах.

### **В результате изучения курса учащиеся должны уметь:**

- объяснять строение объекта по микропрепарату, микрофотографии;
- определять биологические объекты до вида по определителю, знать основные диагностические признаки (классов, отрядов у животных, отделов и семейств – у растений);
- решать генетические, этологические и экологические задачи;
- работать с фиксированными временными микропрепаратами;
- анализировать биологические графики и диаграммы.

## II. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Учебно-тематический план 9-11 КЛАССЫ

№ п/п	Класс	Раздел	Кол-во часов	Форма работы		
				Лекция	Практ. работа/ семинар	Итоговая работа
1	9	Систематика растений	18	6	10	2
2	9	Биосистематика	28	18	8	2
3	9	Зоология беспозвоночных	20	8	10	2
4	9	Анатомия человека	18	10	6	2
5	9	Гистология	18	6	10	2
6	10	Зоология позвоночных	20	8	10	2
7	10	Физиология человека	20	8	10	2
8	10	Анатомия растений	20	8	10	2
9	10, 11	Молекулярная биология	22	10	10	2
10	10, 11	Генетика	20	14	4	2
11	11	Физиология растений	18	8	8	2
12	11	Биохимия	24	10	12	2
13	11	Микробиология	18	8	8	2

Таким образом, инвариантная часть для учащихся 9 классов составляет 102 часа, 10 классов – 102 часа, 11 классов – 102 часа. Итого 306 часов.

### 2.2. Учебная программа

#### КУРС 1. СИСТЕМАТИКА РАСТЕНИЙ

##### **Морфология типичного растения, жизненные формы**

Строение типичного растения. Отличия растений от представителей других царств. Классификации жизненных форм растений по И.Г. Серебрякову и К. Раункиеру.

##### **Вегетативные органы растений**

Морфология корня, виды корней, типы корневых систем, классификация. Метаморфозы корня.

Побег – основной орган растения. Строение побега в связи с выполняемой функцией. Классификация побегов. Стебель, функции, классификация. Видоизменения побегов. Гомологи и аналоги.

Почка – зачаточный побег. Строение. Классификация.

Листорасположение. Морфология листа, его видоизменения. Типы формации листьев. Анизо- и гетерофиллия. Характеристика листа по заданному алгоритму.

##### **Репродуктивные органы цветкового растения**

Цветок, части цветка, их значение в образовании семян и плодов. Строение андроеца и гинецея, различные типы завязи. Опыление, оплодотворение. Формула цветка, диаграмма цветка.

Значение соцветий. Строение и классификация соцветий.

Плод. Естественная и морфологическая классификации плодов. Способы распространения диаспор.

##### **Морфологический анализ растений**

Написание морфологического анализа по алгоритму. Определение растений при помощи Определителя растений Кировской области.

##### **Споровые и семенные растения.**

Общая характеристика споровых и семенных растений. Сравнительная характеристика классов и семейств на примере эфемероидов. Многообразие и значение.

## **КУРС 2. БИОСИСТЕМАТИКА**

Современные подходы к систематике организмов; кладограммы и филогенетические деревья; моно-, пара- и полифилетические группы; критерии систематики.

LUCA; археи и бактерии; происхождение эукариот. Роль горизонтального переноса генов в эволюции. Эндосимбиоз и организация митохондрий. Эндосимбиоз пластид (первичные, вторичные и третичные); строение хлоропластов в разных группах водорослей. Типы организации талломов у водорослей и грибов. Основные аспекты размножения и жизненных циклов у эукариот. Передвижение эукариотических клеток: жгутики и ложноножки. Современные группы эукариот.

Обзор супергруппы Археопластыди: отдел Глаукофитовые водоросли; отдел Красные водоросли; отдел Зеленые водоросли; отдел Харовые водоросли; выход растений на сушу; система высших растений. Обзор супергруппы Криптисты: отдел Криптофитовые водоросли. Обзор супергруппы Гаптисты: отдел Гаптофитовые водоросли.

Обзор клады Страменопилы: тип Опалинаты; отдел Лабиринтуловые псевдогрибы; отдел Гифохитриевые псевдогрибы; отдел Оомикоты; отдел Охрофиты: класс Золотистые водоросли, класс Желто-зеленые водоросли, класс Диатомовые водоросли, класс Бурые водоросли.

Обзор клады Альвеоляты: тип Инфузории; отдел Динофитовые водоросли; тип Апикомплексы. Обзор клады Ризарии: группа Радиолярии; тип Фораминиферы; Вампиреллиды; отдел Хлорарахниофитовые водоросли; Паулинеллы; тип Плазмодиофориды.

Обзор бывшей мегагруппы Экскаваты. Метамонады (лямблии, трихомонады, миксотрихи) и Дискобы (тип Якобиды, тип Гетеролобозные амёбы, класс Эвгленовые водоросли и класс Кинетопластыды).

Обзор супергруппы Амебозои: дизентерийные, свободноживущие одиночные и социальные амёбы.

Обзор супергруппы Обазои: холозои и холомикоты. Группа Настоящие грибы: тип Микроспоридии, отдел Хитридиомикоты, отдел Мукоромикоты, отдел Аскомикоты, группа Лишайники, отдел Базидиомикоты. Тип Воротничковые жгутиконосцы. Система Многоклеточных животных.

## **КУРС 3. ЗООЛОГИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

### **Активный ил**

Активный ил – сообщество микроорганизмов, участвующих в очистке воды. Разнообразие одноклеточных (саркодовых, животных жгутиконосцев, инфузорий), коловраток, круглых червей, олигохет и др.

### **Тип Кольчатые черви**

Общая характеристика типа. Особенности внешнего строения: метамерия, цефализация, отделы тела, пароподии. Строение кожно-мускульного мешка. Вторичная полость тела – целом. Системы органов. Размножение. Регенерация. Многообразие. Классы Полихеты, Олигохеты и Пиявки. Особенности внешнего и внутреннего строения дождевого червя. Роль дождевых червей в почвообразовании. Особенности внешнего и внутреннего строения медицинской пиявки, гирудотерапия.

### **Тип Моллюски**

Общая характеристика типа. Особенности внешнего и внутреннего строения. Отделы тела моллюсков. Раковина, мантия, редукция целома у моллюсков. Особенности строения систем органов. Размножение. Многообразие, характеристика классов

моллюсков. Класс Брюхоногие моллюски: виноградная улитка, прудовик. Класс Двустворчатые моллюски, приспособления к роющему и сидячему образу жизни. Жемчуг, его образование, рост, состав, промысел и применение. Прогрессивные черты организации Головоногих моллюсков как активно плавающих морских хищников. Значение в природе и жизни человека.

### **Тип Членистоногие**

Общая характеристика типа. Прогрессивные черты организации членистоногих по сравнению с кольчатыми червями. Характеристика классов Ракообразные, Паукообразные, Насекомые. Особенности внешнего и внутреннего строения. Системы органов. Размножение и развитие. Многообразие. Характеристика отрядов насекомых. Значение в природе и жизни человека.

## **КУРС 4. АНАТОМИЯ ЧЕЛОВЕКА**

### **Опорно-двигательный аппарат**

Общие сведения о строении опорно-двигательного аппарата, активная и пассивная части опорно-двигательного аппарата.

Скелет, его отделы. Преобразования костей в филогенезе. Изменения скелета, связанные с прямохождением, полом и возрастом. Особенности костей различных отделов скелета.

Виды соединений костей. Характеристика синартрозов и гемиартрозов. Строение сустава: обязательные и дополнительные элементы. Классификация суставов, возрастные изменения. Характеристика основных суставов, возможные движения. Влияние упражнений на подвижность в суставах.

Работа мышц в суставах. Основные группы мышц. Примеры мышц, выполняющих движения в основных суставах туловища и конечностей.

**Анатомо-морфологический практикум.** Работа с препаратами костей.

### **Анализаторы (эстеziология)**

#### **Зрительный анализатор**

Общая характеристика анализатора: отделы, особенности строения. Роль анализаторов в познании окружающего мира. Органы чувств. Классификация рецепторов.

Зрительный анализатор, отделы. Глазное яблоко: оболочки и ядро. Светопреломляющие среды глаза. Аккомодационный аппарат глаза. Механизмы аккомодации. Структурно-функциональные особенности аккомодационного аппарата глаза человека в связи с трудовой деятельностью. Рефракция глаза и ее аномалии. Сетчатка, ее микроскопическое строение. Характеристика световоспринимающего аппарата. Механизмы рецепции света, зрительные пигменты. Вспомогательный аппарат глаза. Слезная железа. Кровоснабжение и иннервация глаза. Проводниковый и центральный отделы зрительного анализатора, возрастные изменения. Обработка зрительной информации в промежуточных и центральных отделах. Онто- и филогенез.

**Анатомо-морфологический практикум.** Вскрытие глаза. Оценка работы зрительного анализатора.

### **Анатомия сердца**

Внешнее строение сердца. Топография, скелетотопия, голотопия и синтопия сердца, наружный рельеф сердца. Виды кардиомиоцитов. Околосердечная сумка. Строение сердечной стенки. Внутреннее строение сердца: камеры, клапаны.

Автоматия и проводящая система сердца. Морфофункциональная характеристика узлов автоматии и проводящей системы сердца, природа автоматии и ее функциональная роль.

Сердечный цикл и его физиологическая характеристика. Систола и диастола предсердий, систола и диастола желудочков. Состояние клапанного аппарата, направление тока крови, уровень давления в полостях сердца в соответствующие фазы цикла.

Внешние проявления сердечной деятельности на различных этапах сердечного цикла: электрические, звуковые, механические, гемодинамические. Артериальный пульс и его регистрация. Аускультация и фонокардиография. Характеристика тонов сердца.

Регуляция деятельности сердца. Нервные и гуморальные механизмы регуляции сердечной деятельности. Интра- и экстракардиальные рефлексy. Изменение работы сердца при различной деятельности.

**Анатомо-морфологический практикум.** Вскрытие сердца млекопитающего.

### **Сосудистая система (ангиология)**

Общая характеристика сердечно-сосудистой системы. Деление сосудистой системы на кровеносную и лимфатическую. Строение кровеносной системы: круги кровообращения, артерии, вены, капилляры, микроциркуляторное русло. Строение стенки кровеносных сосудов в различных участках сосудистого русла, рефлексогенные зоны, иннервация и кровоснабжение сосудов. Закономерности расположения и ветвления сосудов. Понятие об анастомозах и коллатералях. Внутриорганный кровообращение. Фило- и онтогенез.

Сосуды большого круга кровообращения. Аорта, ее части. Система общей сонной и подключичной артерий. Ветви грудной и брюшной аорты, деление на висцеральные и париетальные. Система общей подвздошной артерии. Места пульсации и прижатия крупных артерий в области головы, шеи, верхних и нижних конечностей.

Вены большого круга кровообращения. Анатомические приспособления, способствующие продвижению крови по венам к сердцу. Система верхней полой вены. Венозные синусы твердой мозговой оболочки. Непарная и полунепарная вены. Поверхностные и глубокие вены конечностей. Системы нижней полой и воротной вен.

Сосуды малого круга кровообращения. Легочный ствол, легочные артерии и вены, их топография и функциональное значение. Легочные капилляры.

Особенности кровоснабжения мозга, сердца, легких, печени, почек, селезенки, желез внутренней секреции в связи с их функцией. Особенности кровоснабжения верхней и нижней конечности, органов малого таза. Кровообращение плода и новорожденного.

**Анатомо-морфологический практикум.** Составление схем движения по сосудам.

## **КУРС 5. ГИСТОЛОГИЯ**

### **Введение в гистологию**

Введение в гистологию: гистологическая техника, типы тканей, классификация тканей. Строение и разнообразие эпителиальных тканей. Железы внешней и внутренней секреции (гистология эндокринной системы). Строение соединительных тканей. Гистология опорно-двигательного аппарата: костные и хрящевые ткани, связки, строение и физиология мышечной ткани.

**Соединительные ткани внутренней среды:** кровь. Строение и функционирование иммунной системы. Строение нервной ткани. Гистология нервной системы. Гистология пищеварительной системы: строение желудочно-кишечного тракта и желез. Гистология дыхательной системы.

Кровеносная система. Выделительная система, половая система.

## **КУРС 6. ЗООЛОГИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ**

### **Класс Костные рыбы**

Видовое разнообразие, форма тела, образ жизни и деление на экологические группы. Особенности внешней морфологии (парные и непарные плавники, расположение рта, расположение глаз, формы спинного и хвостового плавников). Определение костных рыб. Выяснение по особенностям внешней морфологии распространение вида и его места в пищевой цепи.

### **Класс Земноводные**

Видовое разнообразие. Морфологические особенности, связанные с выходом в наземно-воздушную среду обитания. Особенности строения систем органов (кровеносная, дыхательная, опорно-двигательная, половая). Определение земноводных, обитающих в европейской части РФ.

### **Класс Пресмыкающиеся**

Особенности внешней и внутренней морфологии в связи с потерей связи с водной средой. Систематика пресмыкающихся. Видовое разнообразие, особенности распространения по земному шару. Выяснение уровня древности отдельных групп на основе рассмотрения степени редукции отдельных органов. Определение змей и ящериц европейской части РФ.

### **Класс Птицы**

Особенности класса в связи с освоением воздушной среды. Особенности строения скелета (киль, таз, пряжка, цевка). Перьевого покрова, типы перьев. Определение месторасположения пера на теле птицы. Строение задней конечности, особенности строения крыла. Вывод о месте обитания по этим признакам. Определение птиц.

### **Класс Млекопитающие**

Признаки млекопитающих. Видовое разнообразие и распространение по земному шару. Экологические группы млекопитающих (летающие, вторичноводные, подземные, наземные (полуводные, древесные, норники)). Определение млекопитающих по черепам. (основные термины для определения). Строение зубов. Определение объектов возможного питания по строению жевательной поверхности. Другие части черепа и их роль в жизнедеятельности.

Определение по тушкам. Снятие основных промеров. Волосяной покров, его структура и особенности у разных экологических групп млекопитающих. Признаки отрядов. Отряд Рукокрылые, насекомоядные, грызуны.

## **КУРС 7. ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА**

### **Физиология нервной системы**

Обзор эмбриологии нервной системы. Нервная трубка, преобразования ее головного конца (стадии трех и пяти мозговых пузырей). Нервный гребень и его производные. Желудочковая система. Спинной мозг. Сегментарная организация. Обобщенные схемы соматических и вегетативных рефлекторных дуг. Соматосенсорные рецепторы. Мышечные веретена и сухожильные органы Гольджи, их структура и функции. Миотатический и обратный миотатический рефлексы. Представление об альфа-гамма коактивации. Канатики спинного мозга и представление о проводящих путях. Проводящий путь проприоцептивной чувствительности коркового направления (система задних столбов / медиальной петли). Проводящий путь болевой и температурной чувствительности (спиноталамические пути). Ствол мозга. Черепные нервы. Сердечно-сосудистый центр, его

связи с центральными и периферическими хеморецепторами и барорецепторами. Структура дыхательного центра, его афферентные связи. Рвотный центр. Стволовые рефлексы (зрачковый, аккомодационный, роговичный, вестибулоокулярный, глоточный, кашлевой). Ретикулярная формация.

Регуляция двигательной сферы. Участие спинного мозга и ствола. Мозжечок, его структура, афферентные и эфферентные связи. Пирамидная и экстрапирамидная системы. Структура базальных ганглиев, основные нервные контуры. Взаимосвязи с соматосенсорной системой.

Зрительный анализатор. Структура сетчатки. Механизмы фототрансдукции в фоторецепторах. Рецептивные поля. Латеральное торможение в сетчатке. Проводящий путь зрительного анализатора. Первичная и вторичная зрительная кора. Регуляция движения глаз. Нистагмы и саккады.

Слуховой анализатор. Структура внутреннего уха. Механизмы трансдукции звука в кортиевоом органе. Проводящий путь слухового анализатора.

### **Физиология сердечно-сосудистой системы и мышц**

Морфофункциональные и метаболические свойства мышечной ткани. Молекулярные субстраты мышечной возбудимости, проводимости, сократимости. Устройство саркомера. Механизмы электромеханического сопряжения. Проводящая система сердца. Фазы сердечного цикла и методы их регистрации. Основы ЭКГ. Определение частоты сердечных сокращений, электрической оси сердца. Механизмы регуляции артериального давления. Состав и свойства крови. Физиология транскапиллярного обмена. Механизмы гемостаза. Патологии сердечно-сосудистой системы и способы их фармакологической коррекции.

### **Регуляция гомеостаза и основы медицинской диагностики**

Регуляция объема и состава внутренних сред. Структура нефрона. Клубочковая фильтрация. Понятие клиренса. Определение скорости клубочковой фильтрации по клиренсу инулина. Клиренс пара-аминогиппуровой кислоты и почечный плазмоток. Фильтрационная фракция. Регуляция тонуса приносящей и выносящей артериол. Клубочково-канальцевая обратная связь. Особенности реабсорбции в различных отделах канальцевой системы. Методы инструментальной диагностики в медицине. Методы лабораторной диагностики в медицине. Основы медицинской генетики. Современные методы терапии и хирургии.

### **Физиология сердечно-сосудистой системы**

Исследование пульса, артериального давления и variability сердечного ритма (с функциональными пробами и в покое). Расшифровка данных ЭКГ. Иммунологический и цитологический анализ крови.

### **Нейрофизиология и медицинская диагностика**

Интерактивное изучение свойств электрических биопотенциалов и функциональных проб в нейрофизиологии. Спирометрия. Расшифровка лабораторных и инструментальных данных при различных патологиях. Эндоскопия внутренних органов.

## **КУРС 8. АНАТОМИЯ РАСТЕНИЙ**

### **Анатомическое строение вегетативных органов растений**

Анатомическое строение вегетативных органов споровых растений. Папоротники, плауны, хвощи. Стелярная теория.

Особенности анатомического строения корня. Первичное строение. Ризодерма. Кора. Особенности строения эндодермы. Центральный цилиндр.

Вторичное строение корня. Этапы формирования. Особенности заложения камбия. Заложение боковых корней.

Особенности анатомического строения стебля.

Функции стебля. Строение апекса побега. Особенности первичного строения стебля. Заложение прокамбия. Перицикл. Анатомо-топографические зоны стебля. Вторичное строение стебля: заложение и особенности работы камбия и феллогена.

Особенности строения стеблей двудольных и однодольных травянистых растений. Особенности строения стеблей древесных растений.

Особенности анатомического строения листа (цветковые, голосеменные, споровые).

Аномальное утолщение двудольных и однодольных растений.

## **КУРС 9. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ**

### **Структура и функции нуклеиновых кислот. Геномы.**

Два вида нуклеиновых кислот: РНК и ДНК. Строение нуклеотида. Принципы структурной организации нуклеиновых кислот. Строение двойной спирали ДНК. Большая и малая бороздки ДНК и их функциональное значение. Водородные связи между нуклеотидами. Правила Чаргаффа. Уотсон-Криковские и иные взаимодействия нуклеотидов. Генетическая роль нуклеиновых кислот и история её открытия. Плавление и ренатурация ДНК. Суперспирализация ДНК. Топоизомеразы. Центральная догма молекулярной биологии. Хроматин. Строение нуклеосом. Гистоновый код. Роль нуклеотидов в метаболизме и работе молекулярных структур. Методы детекции и разделения нуклеиновых кислот.

Генотипы и геномы. Варианты организации генома у прокариот, эукариот и вирусов. Варибельность генотипов. Локализация ДНК в клетках эукариот. Молекулярная диагностика по последовательностям ДНК. Редактирование геномов с помощью систем рестрикции и CRISPR-Cas.

### **Репликация, репарация и рекомбинация.**

Принципы репликации: матричность, комплементарность, полуконсервативность, униполярность, необходимость праймера. Опыт Мезельсона и Сталя. Субстраты для реакции полимеризации нуклеиновых кислот. ДНК-полимеразы бактерий и эукариот. Точность и процессивность ДНК-полимераз. Строение репликативной вилки. Устройство реплицомы и механизм репликации. Инициация репликации прокариот и эукариот и её синхронизация с делением клетки. Проблема недорепликации концов линейных хромосом. Теломеры, теломераза. Амплификация ДНК в лабораторных условиях. Полимеразная цепная реакция (ПЦР), необходимые компоненты и условия. Разновидности ПЦР.

Ошибки репликации и мутации. Типы мутаций, их частота и роль в эволюции. Репарация ошибочно спаренных и поврежденных нуклеотидов, двунитевых разрывов. Гомологичная рекомбинация, её механизм и роль. Перестройки ДНК в лимфоцитах с целью формирования их разнообразия. Сайт-специфичная рекомбинация. Транспозоны.

### **Транскрипция и процессинг мРНК. Функциональное разнообразие РНК**

Понятие гена. Определение процесса транскрипции. Матричная и кодирующая цепи ДНК. Принципы транскрипции: комплементарность, беззатравочность, однонаправленность. Стадии транскрипции: инициация, элонгация и терминация. Особенности транскрипции бактерий: сигма-факторы, сопряженность с трансляцией, терминация. Разнообразие РНК-полимераз эукариот. Структура и пространственный контекст эукариотического промотора. Энхансеры. Вещества, подавляющие транскрипцию у бактерий и эукариот. Процессинг матричной РНК эукариот. Кэпирование и полиаденилирование, их функциональное значение. Сплайсинг мРНК и его механизмы.

Интроны и экзоны. Альтернативный сплайсинг и его значение. Редактирование РНК, его варианты: дезаминирование и вставка уридиновых нуклеотидов. Экспорт мРНК из ядра.

Регуляция экспрессии генов прокариот. Позитивный и негативный контроль экспрессии. Репрессия и индукция. Активаторы и репрессоры транскрипции. Регуляция экспрессии *lac*-оперона. *Lac*-репрессор (*LacI*), CAP. Регуляция экспрессии за счет смены сигма-фактора. Регуляция арабинозного оперона: антиактивация. Триптофановый оперон: негативная репрессия и аттенуация. Особенности регуляции экспрессии генов эукариот. Функциональное значение контекста хроматина в активации и репрессии экспрессии генов.

Функциональное разнообразие некодирующих РНК эукариот: роль в транскрипции, трансляции, сплайсинге, интерференции, редактировании нуклеиновых кислот, эпигенетической передаче информации.

### **Трансляция. Генетический код.**

Определение процесса трансляции. Определение генетического кода. Свойства генетического кода: триплетность, вырожденность, однозначность, непрерывность, неперекрываемость, наличие знаков препинания, помехоустойчивость, универсальность. Исключения из свойств генетического кода. Структура транспортной РНК. Адапторная функция тРНК. Аминоацилирование тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы (АРСазы). Специфичность АРСазы к тРНК и аминокислоте. Роль неканоничных нуклеотидов в составе тРНК.

Строение рибосом у бактерий и эукариот. Структурная роль рибосомальной РНК. Механизм реализации генетического кода рибосомой. Неоднозначное распознавание третьего нуклеотида в кодоне. Гипотеза качаний. Открытые рамки считывания в мРНК и их детекция. Старт и стоп кодоны. Сдвиг рамки считывания. Значение мутаций в трансляции белка: синонимические и несинонимичные замены, миссенс-мутации, нонсенс-мутации.

Стадии трансляции: инициация, элонгация, терминация и рециклинг. Роль ГТФ в трансляции. Инициация трансляции. Инициация трансляции у прокариот. Последовательность Шайна-Дальгарно. Полицистронная мРНК прокариот. Функции факторов инициации прокариот. Инициация трансляции у эукариот. Моноцистронная мРНК эукариот. Механизм сканирования мРНК. Обзор эукариотических факторов инициации трансляции. Элонгация трансляции. Элонгационный цикл рибосомы. А-, Р-, Е-сайты. Пептидил-трансферазная реакция. Каталитическая роль рРНК. Функции факторов элонгации трансляции. Терминация трансляции. Понятие о факторах терминации трансляции и сквозном прочтении стоп-кодонов. Кодирование селеноцистеина. Понятие о рециклинге. Сопряжение транскрипции и трансляции у прокариот. Полирибосомы. Функциональное значение. Рибосомы цитоплазмы и рибосомы, связанные с ЭПР. Котрансляционный фолдинг белков.

Вещества, ингибирующие отдельные этапы трансляции прокариот и эукариот.

Регуляция трансляции прокариот. Трансляционное сопряжение и репрессия. Рибопереключатели. Понятие о регуляции трансляции у эукариот. Фосфорилирование факторов трансляции в рамках mTORC1-зависимого сигналлинга. Короткие рамки считывания. Маскирование мРНК.

Системы для изучения трансляции в лизате на основе люцифераз.

### **Избранные главы молекулярной биологии клетки**

Принципы сигналлинга эукариотической клетки и системы, осуществляющие его. Разнообразие типов рецепторов (G-белки, ионные каналы, киназы), посредников, адаптерных белков, вторичных посредников (цАМФ, инозитолфосфат, кальций). Роль фосфорилирования и ГТФаз в сигналлинге. Сигналинг в рецепторах зрения, слуха млекопитающих.

Строение биологической мембраны и её свойства. Электрохимический градиент. Активный и пассивный транспорт через мембрану. Принципы работы электрон-транспортных цепей.

Компартменты эукариотической клетки. Распределение кальция в клетке и его роль. Фолдинг, модификация и адресная доставка белков в компартменты клетки и вне её. Шапероны, шаперонины, протеасома.

## КУРС 10. ГЕНЕТИКА

Геномы эукариот и прокариот, их размер и содержимое. Геном человека. SINE, LINE, эндогенные ретровирусы.

Кроссинговер.

Теория вероятности в генотипе.

Виды генетического груза, роль родителей в его формировании, элиминация на зиготической и эмбриональной стадиях онтогенеза.

Примеры и механизмы рецессивных моногенных заболеваний: муковисцидоза, серповидноклеточной анемии, фенилкетонурии, алкаптонурии.

Примеры и механизмы доминантных моногенных заболеваний: синдрома Марфана, нейрофиброматоза, ахондроплазии, брахидактилии, полидактилии.

Примеры и механизмы сцепленных с полом заболеваний: дальтонизма, гемофилии типа А и миодистрофии Дюшена-Беккера.

Механизмы определения групп крови, гемотрансфузия, резус-конфликт.

Врожденные заболевания человека, связанные с нарушением числа половых хромосом. Лocus SRY, случаи противоречия между полом и кариотипом.

Врожденные заболевания человека, связанные с нарушением числа аутосом. Мозаицизм и транслокационные трисомии.

Геномный импринтинг, его роль в онтогенезе млекопитающих, синдромы Прадера-Вилли и Ангельмана.

## КУРС 11. ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

**Осмоз в растениях. Теория и практика.**

a. Понятие об осмосе. Осмотическое давление и водный потенциал. Единицы измерения. Решение задач. Теория.

b. Клетка в растворе. Сравнение растительной и животной клетки. Тургор и гемолиз. Теория.

c. Плазмолиз. Уголковый, вогнутый, выпуклый, судорожный. Колпачковый плазмолиз, цитозоль и вакуоль при плазмолизе. Деплазмолиз. Теория и практика.

d. Определение концентрации изотонического раствора для тканей клубня картофеля. Практика.

e. Искусственная клетка Траубе. Практика.

f. Устьица. Приготовление препарата нижнего эпидермиса листа. Гидропассивные движения устьиц. Теория и практика.

**Пигменты растений. Теория.**

a. Хлорофиллы. Понятие о Пи-системе. Схема Яблонского. Спектр поглощения. Полярность. Функции хлорофиллов. Фикобилины.

b. Каротиноиды. Каротины и ксантофиллы. Пи-система каротиноидов. Функции каротиноидов. Виолоксантиновый цикл.

c. Антоцианы. Беталаины. Сходства и различия, свойства и функции.

**Фотосинтез. Теория.**

a. Различные способы фотосинтеза: бесхлорофильный, хлорофильный бескислородный и кислородный. Бесхлорофильный фотосинтез и бактериородопсин.

- b. Хлорофильный фотосинтез. Общая схема. Световая и темновая фаза. Антенна, реакционный центр, ЭТЦ. Варианты пигментного состава и строения антенн.
- c. ЭТЦ фотосинтеза. Переносчики электронов. Q-цикл. Окислительно-восстановительные потенциалы. Протонный градиент. Доноры электронов и восстановительные эквиваленты.
- d. Бескислородный фотосинтез. Феофитин-хиноновая и железо-серная фотосистемы.
- e. Кислородный фотосинтез. Z-схема фотосинтеза.
- f. Темновая фаза фотосинтеза - фиксация углекислого газа и восстановление до сахаров. Цикл Арнона - восстановительный цикл Кребса. Цикл Кальвина - восстановительный пентозо-фосфатный путь.
- g. РуБисКО - ключевой фермент цикла Кальвина. Особенности его работы. Активаза РуБисКО. Карбоксилазная и оксигеназная активность. Фотодыхание.
- h. C4 фотосинтез. Варианты и сравнение с C3. САМ - фотосинтез.

### **Гормоны растений.**

Понятие о фитогормонах. Классификация фитогормонов. Основные гормоны: ауксины, цитокинины, гиббереллины, этилен и абсцизовая кислота. «Вспомогательные» фитогормоны: брассиностероиды, стриголактоны, жасмонаты, салицилаты.

### **Вторичный метаболизм растений.**

Понятие о вторичном метаболизме. Классификация вторичных метаболитов растений. Алкалоиды. Изопреноиды. Фенольные соединения. Минорные группы вторичных метаболитов растений.

### **Особенности дыхания растений.**

Особенности гликолиза, цикла Кребса и ЭТЦ митохондрий растений. Глиоксилатный шунт.

### **Пигменты растений. Практика.**

- a. Подготовка вытяжек: пигментов зеленого листа, каротиноидов, антоцианов, беталаинов.
- b. Хроматография пигментов зеленого листа и каротиноидов.
- c. Разделение пигментов зеленого листа по Краусу.
- d. Изучение и сравнение свойств антоцианов и беталаинов.

## **КУРС 12. БИОХИМИЯ**

### **Наиболее важные аспекты общей и органической химии.**

#### *Общая химия.*

Строение атома. Протоны. Электроны. Атомные орбитали, граничные поверхности.

Химическая связь. Теория электронных пар. Типы химической связи: ковалентная неполярная, ковалентная полярная, водородная, донорно-акцепторная, ионная.

Гибридизация орбиталей. Структуры Льюиса. Резонансная стабилизация.

#### *Органическая химия.*

Реакции нуклеофильного замещения. Нуклеофилы и их сила. Механизмы: SN1 и SN2, их стереохимия. Индуктивный и мезомерный эффекты при стабилизации карбокатионов и карбоанионов. Представление о хороших уходящих группах. Реакции элиминирования.

Механизм: E2, его стереохимия. Спирты: кислотные свойства. Амины: кислотные свойства. Участие спиртов и аминов в нуклеофильном замещении и реакциях элиминации. Альдегиды и кетоны: основные химические свойства, кислотность протонов в альфа-положении, альдольная конденсация.

Карбоновые кислоты и их производные: основные химические свойства, кислотность протонов в альфа-положении, конденсация Кляйзена.

### **Ферментативная кинетика.**

Скорость химической реакции. Константа равновесия химической реакции. Кинетика Михаэлиса-Ментен. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен. Константа Михаэлиса, количество оборотов, максимальная скорость реакции. Двойные обратные координаты Лайнувера-Бэрка.

Ингибиторы ферментативных реакций. Конкурентные и неконкурентные ингибиторы: принцип функционирования и кинетические схемы.

### **Коферменты и активированные метаболиты.**

*Переносчики электронов.*

NAD, NADP, FMN, FAD, липоевая кислота.

*Карбоксилирующие агенты.*

Биотин.

*Электрофильный катализ.*

Катализ с образованием оснований Шиффа. Электрофильный катализ с участием коферментов: пиридоксаль-5-фосфат и тиаминпирофосфат.

*Соединения-переносчики фосфатных групп.*

АТФ. Строение и основа «высокоэнергетических» свойств: отталкивание отрицательно заряженных групп, резонансная стабилизация продуктов гидролиза. Основа «высокоэнергетических свойств» 1,3-бисфосфоглицерата и фосфоенолпирувата.

*Генераторы свободных радикалов.*

Витамин В12.

### **Начальные этапы метаболизма глюкозы.**

***Гликолиз.***

Подготовительная стадия гликолиза. Стадия расщепления углеродного скелета.

Окислительная стадия. Энергетический выход гликолиза. Гексокиназа и механизм ее реакции. Фосфоглюкоизомеразная реакция, ее роль в гликолизе. Фосфофруктокиназа I и механизм ее регуляции. Фосфофруктокиназная реакция. Механизм альдольного расщепления фруктозо-1,6-бисфосфата. Участие основания Шиффа в стабилизации промежуточных интермедиатов реакции. Триозофосфатизомеразы. Глицеральдегидфосфатдегидрогеназа (ГАФД), механизм реакции, роль остатка цистеина в катализе. Фосфоглицераткиназная реакция. Фосфоглицератмутаза, роль 2,3-бисфосфоглицерата. Енолаза. Пируваткиназная реакция и механизмы ее регуляции. Дальнейшая судьба пирувата. Брожение – биологическое назначение процесса. Лактатдегидрогеназа. Спиртовое брожение.

Энергетический выход брожения.

### ***Пентозофосфатный путь.***

Окислительная ветвь пентозофосфатного пути. Неокислительная ветвь пентозного пути и ферменты, участвующие в превращении фосфорных эфиров углеводов. Механизмы трансальдозной (роль основания Шиффа) и транскетозной реакций (роль тиаминпирофосфата). Связь между гликолизом и пентозофосфатным путем. Использование пентозофосфатного пути для получения пентоз, для получения NADPH. Ткани с высоким уровнем пентозофосфатного пути, физиологическая роль пентозофосфатного пути. Энергетический выход пентозофосфатного пути. Дальнейший катаболизм глюкозы.

### ***Окисление пирувата.***

Ацетил-КоА как активированный метаболит для конденсации Кляйзена и ацетилирования. Пируватдегидрогеназный комплекс. Последовательность реакций, ферменты и коферменты, участвующие в получении ацетил-КоА. Механизмы регуляции активности пируватдегидрогеназного комплекса.

### ***Цикл Кребса.***

Катаболическая и анаболическая роли цикла Кребса. Энергетический выход цикла Кребса. Цитратсинтаза, механизм катализируемой реакции. Аконитаза: роль в цикле Кребса и в регуляции метаболизма железа. Изоцитратдегидрогеназная реакция, ее сходство с 6-фосфоглюконатдегидрогеназной реакцией пентозофосфатного пути. Альфа-кетоглутаратдегидрогеназный комплекс и его сходство с пируватдегидрогеназным комплексом.

Сукцинил-КоА синтетазная реакция, ее сходство с глицеральдегид-3-фосфат дегидрогеназной реакцией гликолиза. Сукцинатдегидрогеназная реакция, фумаратгидратазная реакция и малатдегидрогеназная реакция. Сходство этих реакций с реакциями бета-окисления жирных кислот. Катаболизм липидов.

### ***Липолиз.***

Липидные капли. Перилипины. Гормон-зависимая липаза. Роль глюкагона и протеинкиназы А в липолизе. Судьба глицерина, образующегося в ходе липолиза.

### ***Окисление жирных кислот.***

Активация жирных кислот, ацилкофермент А. Карнитин и его роль в транспорте жирных кислот в митохондрии. Различные виды окисления жирных кислот. Бета- и омега-окисление жирных кислот. Сравнение процесса окисления жирных кислот с заключительными стадиями цикла Кребса. Окисление жирных кислот с нечетным количеством атомов углерода. Пропионил-СоА. Роль витамина В12 в метаболизме пропионил-СоА. Окисление жирных кислот с двойными связями. Энергетический выход окисления жирных кислот.

Катаболизм азота аминокислот.

Процессы трансаминирования. Катализ с участием пиридоксаль-фосфата.

Глутаматдегидрогеназа, коферменты (NAD<sup>+</sup> и NADP), используемые этим ферментом.

Глутаминсинтетеза, механизм реакции. Глутаминаза. Способы переноса аммиака от периферических органов и тканей к почкам и печени (в виде аланина от мышц, в виде глутамина от мозга). Синтез карбамоилфосфата. Цикл мочевины. Энергетические затраты при синтезе мочевины. Регуляция цикла мочевины. «Велосипед Кребса» как способ компенсации энергетических затрат в цикле мочевины.

Глюконеогенез. Регуляция гликолиза и глюконеогенеза как пример регуляции метаболических путей. Обратимые и необратимые реакции гликолиза. Глюкозо-6-фосфатаза. Пространственная локализация фермента. Тканевое распределение фермента. Фруктозо-1,6-бисфосфатаза.

Получение фосфоенолпирувата из пирувата: пируваткарбоксилаза и фосфоенолпируваткарбоксикиназа. Фосфофруктокиназа II и фруктозо-2,6-бисфосфат как регуляторы метаболизма глюкозы. Регуляция глюкокиназы: белок-инактиватор и транспорт в ядро. Регуляция гликолиза и глюконеогенеза инсулином и глюкагоном.

Метаболизм гликогена. Регуляция метаболизма гликогена как пример регуляции метаболических путей.

Синтез гликогена. Роль UDP-глюкозы. Гликогенин как затравка для синтеза гликогена и инициатор синтеза. Ветвящий фермент. Биохимическая выгода от разветвленного характера строения гликогена. Гликогенфосфорилаза. Деветвящий фермент. Координированная регуляция метаболизма гликогена инсулином и глюкагоном.

Синтез жирных кислот и липидов.

### ***Синтез жирных кислот.***

Синтез жирных кислот. Синтез малонил-СоА. Строение мультиферментного комплекса синтазы жирных кислот. Ацил-переносающий белок и его кофактор.

Последовательность реакций, обеспечивающих синтез жирных кислот, химия процесса. Источники NADPH и ацетильных групп, используемых для синтеза жирных кислот (пентозофосфатный путь, АТФ-цитратлиаза, малик-энзим).

*Синтез липидов.*

Синтез нейтральных жиров. Основные стратегии синтеза фосфолипидов. Интеграция метаболизма.

Взаимосвязь процессов обмена углеводов, липидов и белков. Глюкозо-6-фосфат, пути синтеза и метаболизма. Пируват как ключевой метаболит обмена углеводов. Физиологическая роль цикла Кребса, и связь цикла Кребса с другими метаболическими путями. Сопряжение реакций цикла мочевины с реакциями цикла Кребса. Роль альфа-кетоглутарата в реакциях метаболизма азота. Участие глутаминовой кислоты и глутамина в обмене аммиака и в различных синтетических реакциях. Оксалоацетат, пути синтеза и использование в ходе метаболических процессов.

## КУРС 5. МИКРОБИОЛОГИЯ

**Цитология и классификация бактерий.** Строение прокариотической клетки, особенности разных экологических групп бактерий.

Основные группы микроорганизмов-прокариот (археи, бактерии).

**Физиология и биохимия микроорганизмов.** Типы питания и физиологические группы прокариотических микроорганизмов. Разнообразие путей энергетического метаболизма прокариот. Оксигенные и аноксигенные фотосинтезирующие бактерии. Бактериородопсиновый фотосинтез. Хемосинтез. Модификации цикла трикарбоновых кислот. Диязотрофия.

**Генетика бактерий.** Основы регуляции матричных процессов в бактериальных клетках. Виды горизонтального переноса генов: трансформация, конъюгация, трансдукция.

**Практические работы.** Приготовление нативных и фиксированных микробиологических препаратов биотехнологически значимых микроорганизмов. Простые и сложные методы окраски бактерий. Световая микроскопия.

## III. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Вид аттестации	Формы контроля	Виды оценочных материалов
Входящая	Результаты выполнения регионального этапа всероссийской олимпиады школьников по биологии 2024 г. или рейтинг на основе индивидуальных достижений	Решение тестовых и практических заданий.
Текущая	Участие в решении задач, в выполнении практических работ	Сдача задач, отчётов по выполненным практическим работам
Итоговая	Рейтинг участника, участие в контрольных работах.	Баллы за контрольные работы и выполнение практических работ.

## IV. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

### 4.1. Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

1. Burki Fabien, Roger Andrew J., Brown Matthew W., Simpson Alastair G.B. The New Tree of Eukaryotes // Trends in Ecology & Evolution. – 2020. – Volume 35, Issue 1. – P. 43-55. URL: [https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347\(19\)30257-5](https://www.cell.com/trends/ecology-evolution/fulltext/S0169-5347(19)30257-5)
2. Cleveland P. Hickman, Jr. Integrated principles of zoology. Heighteenth edition. – 2020.
3. Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D., Clark, D. P. (2010). Brock Biology of Microorganisms (13th Edition). Benjamin Cummings.
4. \_Revisions\_to\_the\_Classification\_Nomenclature\_and\_Diversity\_of\_Eukaryotes // Journal of Eukaryotic Microbiology. 2019. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/327898646> (дата обращения 14.01.2025).
5. Watson J. Molecular biology of the gene.
6. Терней А. Л. Современная органическая химия. 1981.
7. Алехин, Н. Д. др. Физиология растений / под. ред. И. П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 640 с.
8. Альбертс Б. и др. Молекулярная биология клетки.
9. Андреева Л. И., Родман Л. С. Ботаника. – М.: Колос, 2002. – 488 с.
10. Арефьев В.А. Англо-русский толковый словарь генетических терминов / В.А. Арефьев, Л.А. Лисовенко. – М.: ВАИРО, 1995.
11. Арефьев В.А. Англо-русский толковый словарь генетических терминов / В.А. Арефьев, Л.А. Лисовенко. – М.: ВАИРО, 1995.
12. Артур К., Гайтон, Д. Холл. Медицинская физиология.
13. Атлас сканирующей электронной микроскопии клеток, тканей и органов. /Под. ред. Волоковой, В.А. Шахламова, А.А. Миронова – М.: Медицина, 1987
14. Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А. Гистология. – М.: Медицина, 1989.
15. Балезина, О. П. Основы физиологии возбудимых клеток.
16. Барыкина, Р. П. и др. Практикум по анатомии растений / под ред. Д. А. Транковского. – М.: Высш. школа, 1979. – 224 с.
17. Беркинблит, М.Б. Почти 200 задач по генетике. – М.: МИРОС, 1992.
18. Ботаника: курс альгологии и микологии: Учебник / Под ред. Ю. Т. Дьякова. – М.: Изд-во МГУ, 2007.
19. Брин В.Б. Физиология человека в схемах и таблицах. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1999.
20. Быков В.Л. Цитология и общая гистология (функциональная морфология клеток и тканей человека). – СПб.: СОТИС, 1998.
21. В.В. Лукашов. Молекулярная эволюция и филогенетический анализ.
22. Видео-лекции Владимира Ивановича Гмошинского по альгологии и микологии на YouTube: <https://www.youtube.com/channel/UCIQchpNIyQKePaPjppRjKQ>
23. Видео-лекции Г. А. Беляковой по альгологии: <https://teach-in.ru/course/non-vascular-plant>
24. Викторов, В. П. и др. Практикум по анатомии и морфологии растений / под ред. Л. Н. Дорохиной. – М.: Академия, 2001. – 176 с.
25. Гавриленко В. Ф. Жигалова Т. В. Большой практикум по фотосинтезу / под. ред. И.П. Ермакова. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 256 с.
26. Гершензон С.М. Основы современной генетики. – Киев: Наукова думка, 1983.
27. Догель В. А. Зоология беспозвоночных. –М.: Высшая школа, 1981. – 606 с.
28. Дымшиц Г., Саблина О. Новейшая биология.
29. Евангелие от ЛУСА. В поисках родословной животного мира / Максим Винарский, 2021.

30. Егоров И.В. Клиническая анатомия человека. – Ростов н/Д.: Феникс, 1997. – 544 с.
31. Еленевский А.Г. Ботаника: Систематика высших, или наземных, растений: – М., 2001. – 432 с.
32. Елисеев В.Г., Афанасьев Ю.И., Котовский Е.Ф. Атлас микроскопического и ультрамикроскопического строения клеток, тканей и органов. – М.: Медицина, 1970.
33. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. – Новосибирск: НГУ, 2004.
34. Заварзин А.А. Основы частной цитологии и сравнительной гистологии многоклеточных животных. Л.: Наука, 1976.
35. Задачи по современной генетике / Под ред. М.М. Асланяна. – М.: КДУ, 2005.
36. Зеликман А. Л. Практикум по зоологии беспозвоночных. – М.: Высш. шк., 1965. – 332 с.
37. Зитте П. и др. Ботаника. Учебник для вузов: в 4 т. Т. 2. Физиология растений / под ред. В.В. Чуба. – М., 2008. – 496 с.
38. Инге-Вечтомов Г.С. Генетика с основами селекции. – М.: Высшая школа, 1989.
39. Интернет-ресурс: <http://watcut.uwaterloo.ca/webnotes/Metabolism/> (на английском языке)
40. Камкин А., Каменский А. Фундаментальная и клиническая физиология.
41. Карпов С. А. Строение клетки протистов. 2001.
42. Кассимерис Л., Лингаппа Вишванат Р., Плоппер Дж. Клетки по Льюину.
43. Кокс Майкл, Нельсон Дэвид Основы биохимии Ленинджера. – 2014.
44. Кольман Ян, Рем Клаус-Генрих. Наглядная биохимия. – М.: 2009.
45. Краев А.В., Резцов О.В. Анатомия человека. – М.: Медицина, 2007. – 952 с.
46. Красильникова Л. А. и др. Биохимия растений. – Ростов н/Д: «Феникс», Харьков: Торсинг, 2004. – 224 с.
47. Красильникова, Л. А., Садовниченко Ю. А. Анатомия растений: Растительная клетка, ткани, вегетативные органы. – Харьков, 2004. – 245 с.
48. Кребс Дж., Голдштейн Э., Килпатрик С. Гены по Льюину.
49. Кузнецов В.В. Определитель позвоночных. В 3-х томах. – 1975.
50. Кузнецов, Вл. В. Дмитриева Г. А. Физиология растений. В 2 т. Т. 2: учебник для академического бакалавриата. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 459 с.
51. Кузнецов, Вл. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. В 2 т. Т. 1. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 437 с.
52. Лотова Л. И., Нилова М. В., Рудько А. И. Словарь фитоанатомических терминов: учебное пособие. – М., 2007. – 112 с.
53. Лотова, Л. И. Морфология и анатомия высших растений. – М., 2017. – 512 с.
54. Ляпунов А. Н. Млекопитающие города Кирова. – 2015.
55. Марри Роберт, Греннер Дарил. Биохимия человека. М.: Мир, 1993.
56. Медведев С. С. Физиология растений. – СПб., 2012. – 512 с.
57. Медицинский сайт CDC <https://www.cdc.gov/DiseasesConditions/>.
58. Михайловская, И. С. Строение растений в связи с условиями жизни. – М, 1964. – 92 с.
59. Мохообразные:  
[https://www.researchgate.net/publication/333237249\\_Poster\\_Filogenia\\_Mohoobraznyh\\_BPP\\_2021\\_Russian](https://www.researchgate.net/publication/333237249_Poster_Filogenia_Mohoobraznyh_BPP_2021_Russian)
60. Натали В. Ф. Зоология беспозвоночных. – М.: Просвещение, 1975. 488 с.
61. Нетрусов А. И., Котова И. Б. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Часть 1: учебник для бакалавриата и магистратуры. – Юрайт Москва, 2020. – 315 с.
62. Нетрусов А. И., Котова И. Б. Микробиология: теория и практика в 2 ч. Часть 2: учебник для бакалавриата и магистратуры. – Юрайт Москва, 2020. – 332 с.
63. Николлс Дж. Г., Мартин А.Р., Валлас Б. Дж., Фукс П. А. От нейрона к мозгу.
64. Новиков В.С., Губанов И.А. Популярный атлас-определитель. Дикорастущие растения. – М.: Дрофа, 2002. – 416 с.

65. Новиков В.С., Губанова И.А. Школьный атлас-определитель высших растений. – М.: Просвещение, 1985. – 239 с.
66. Онлайн-курс «Современная систематика эукариот», автор курса – Красников Андрей Сергеевич: <https://openschool.nsu.ru/catalog/4>
67. Определитель пресноводных беспозвоночных европейской части СССР (планктон и бентос) / под ред. Л. А. Кутиковой, Я. И. Старобогатова. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 477 с.
68. Определитель растений Кировской области. В 2-х частях. – Киров. 1974.
69. Павлинов и др. Наземные звери РФ. Справочник-определитель, 2002.
70. Паутов А. А. Морфология и анатомия вегетативных органов растений. – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2012.
71. Плавильщиков Н.Н. Определитель насекомых: Краткий определитель наиболее распространенных насекомых европейской части России. – М.: Топикал, 1994. – 544 с.
72. Потапов И.В. Зоология с основами экологии животных. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 296 с.
73. Практикум по гистологии, цитологии и эмбриологии. / Под ред. Н.А. Юриной, А.И. Радостиной. – М.: Издательство Университета дружбы народов, 1989.
74. Практикум по физиологии растений / под ред. Н.Н. Третьякова. – М.: Колос, 1982. – 271 с.
75. Практическая биология для олимпиадников / под ред. Д. А. Решетова. – М.: МЦНМО, 2018. – 352 с.
76. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека. – СПб., 1998. – 704 с.
77. Пухальский В.А. Введение в генетику. – М.: КолосС, 2007.
78. Райков, Римский-Корсаков. Зоологические экскурсии. – 2002.
79. Робертс Дж., Касерио М. Основы органической химии. 1978.
80. Рохлов В., Теремов А., Петросова Р. Занимательная ботаника. – М.: АСТ-ПРЕСС, 2002. – 432 с.
81. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. – СПб: Изд-во СПбГТУ, 2002.
82. Серебрякова Т.И., Воронин Н.С., Еленевский А.Г. и др. – М., 2006. – 543 с.
83. Синельников Р.Д., Синельников Я.Р. Атлас анатомии человека. – М.: Медицина, 1996. – Т. 1. – 344 с.; Т. 2. – 264 с.; Т. 3. – 232 с.; Т. 4. – 320 с.
84. Сосудистые растения:  
[https://www.researchgate.net/publication/323105645\\_FILOGENIA\\_SOSUDISTYH\\_RASTENIJ\\_Tracheophyta\\_sistematika\\_i\\_priznaki\\_2018\\_Russian\\_version\\_of\\_Tracheophyte\\_Phylogeny\\_Post\\_er\\_-\\_Vascular\\_Plants\\_Systematics\\_and\\_Characteristics](https://www.researchgate.net/publication/323105645_FILOGENIA_SOSUDISTYH_RASTENIJ_Tracheophyta_sistematika_i_priznaki_2018_Russian_version_of_Tracheophyte_Phylogeny_Post_er_-_Vascular_Plants_Systematics_and_Characteristics)
85. Сотников, Двинских. Рыбы и миноги Кировской области». – 2005.
86. Спирин А.С. Молекулярная биология: рибосомы и биосинтез белка.
87. Степанян Е. Н., Алексахина Е. М. Лабораторные занятия с основами экологии. – М., 2001. –120 с.
88. Травкин М.П. Занимательные опыты с растениями. – М., 1984.
89. Трайтак Д.И., Трайтак Н.Д. Сборник задач и упражнений по биологии растений, бактерий, грибов и лишайников. – М.: Мнемозина, 1998. – 160 с.
90. Уилсон Дж., Хант Т. Молекулярная биология клетки. Сборник задач.
91. Федоров А.А. Жизнь растений. В 6-ти т. – М.: Просвещение, 1974.
92. Формозов. Спутник следопыта.
93. Фримантл Майкл. Химия в действии. – 1998.
94. Фролова Е. Н., Щербина Т. В., Михина Т. Н. Практикум по зоологии беспозвоночных. – М.: Просвещение, 1985. – 231 с.
95. Хадорн Э., Вернер Р. Общая зоология. – М.: Мир, 1989. – 528 с.
96. Хаусман К. и др. Протистология. – 2010.

97. Хейсин, Е.М. Краткий определитель пресноводной фауны. – М., 1962. – 148 с.
98. Хржановский В.Г., Пономаренко С.Ф. Практикум по курсу общей ботаники. – М.: Высш. школа, 1979. – 422 с.
99. Цветковые растения:  
[https://www.researchgate.net/publication/319876840\\_FILOGENIA\\_POKRYTOSE\\_MENNYH\\_-\\_Sistematika\\_cvetkovyih\\_rastenij\\_Russian\\_version\\_of\\_COLE\\_TCH\\_HILGER\\_HH\\_STEVENS\\_PF\\_2019\\_Angiosperm\\_Phylogeny\\_Poster\\_-\\_Flowering\\_Plant\\_Systematics](https://www.researchgate.net/publication/319876840_FILOGENIA_POKRYTOSE_MENNYH_-_Sistematika_cvetkovyih_rastenij_Russian_version_of_COLE_TCH_HILGER_HH_STEVENS_PF_2019_Angiosperm_Phylogeny_Poster_-_Flowering_Plant_Systematics)
100. Шалапенко Е. С., Буга С. В. Практикум по зоологии беспозвоночных. – Мн.: Новое знание, 2002. – 272 с.
101. Шапкин В. А., Тюмасева З. И., Машкова И. В., Гуськова Е. В. Практикум по зоологии беспозвоночных. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 208 с.
102. Шарова И. Х. Зоология беспозвоночных. – М.: Владос, 1999. – 592с.
103. Шмидт Р., Тевс Г. Физиология человека. В 3 томах.
104. Эверт Р. Ф. Анатомия растений Эзау. Меристемы, клетки и ткани растений: строение функции и развитие. – М., 2015. – 600 с.
105. Эсау К. Анатомия растений / под ред. Л. В. Кудряшова. – М.: Мир, 1969. – 564 с.
106. Сотников. Птицы Кировской области и сопредельных территорий 1-2 части.
107. Айла Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. Т. 1-3. – М.: Мир, 1987.

#### 4.2. Материально-технические условия реализации программы

Перечень необходимого оборудования и материалов для реализации программы:

*Общее обеспечение:* доска, мел, интерактивная панель, акустическая система, моноблок, МФУ, раздаточный материал с содержанием лекционного материала, практических работ.

*Канцелярские товары:* ручки по количеству слушателей, тетради, альбомы, карандаши простые и цветные.

*Оборудование:*

1. Банки капельницы полипропиленовые;
2. Бинокуляры (стереоскопические микроскопы);
3. Бюретка б/крана 25 мл (с оливой) 1-3-2-25-0,1 Минимед 1000003;
4. Весы электронные лабораторные ВК-600 «Масса-К»;
5. Воронка лабораторная d=25 ПП;
6. Дозатор одноканальный перем. объема Biohit Proline 20-200 мкл;
7. Дозатор одноканальный перем. объема Лайт 100-1000 мкл;
8. Домашний кардиограф «ECG Lite» (в комплекте электроды-прищепки);
9. Камера для опрыскивания;
10. Камера хроматографическая 15\*15 см с крышкой;
11. Колба коническая КН-1-100-29/32 со шкалой (Минимед) 10000820 код ОКП 946456;
12. Колба коническая КН-1-250-29/32 ТС шкала ММ 10000825 код ОКП 946456;
13. Комплект датчиков (этанола, кислотности раствора, кислорода, кардиологический, уровня дыхательной способности, ЧДД);
14. Комплект моделей строения мозга позвоночных;
15. Комплекты анатомических гистологических препаратов;
16. Компьютерный фотоплетизмограф Pulse Lite (максимальная комплектация);
17. Лабораторная посуда (чашки Петри, колбы, мерные стаканы, воронки, цилиндры);
18. Лупы препаровальные;
19. Микробиологические петли;
20. Микроскоп цифровой Levenhuk D320L,3,1 Мпикс, монокулярный;

21. Модель «Скелет строения конечностей лошади и овцы» на подставке;
22. Набор инструментов для посева (петледержатели, пинцеты, бактериологические петли, пастеровские пипетки, шпатели, салазки и др.);
23. Нейро-анатомическая модель мозга;
24. Пинцеты анатомические глазные;
25. Пипетка Пастера 3 мл., п/эт,н/стер., с градуировкой;
26. Питательные среды;
27. Препаровальные иглы прямые;
28. Промывалка 250 мл ПЭ;
29. Пульверизатор для ТСХ;
30. Реактивы для окраски по Грамму (соляная кислота, гидроксид калия, раствор люголя с глицерином).
31. Регистратор данных;
32. Руководство по эксплуатации цифровой лаборатории по биологии;
33. Салфетки марлевые;
34. Скальпели;
35. Спиртовка СЛ-1 (с колпачком) 12003101;
36. Спиртовки;
37. Стакан В-1-100 мл ТС со шкалой ММ10003812;
38. Стакан низкий со шкалой 100 мл ПП;
39. Стекла покровные;
40. Стекла предметные;
41. Термостат, сухожаровой шкаф, холодильник;
42. Тонометр механический;
43. Устройство для сушки пластин УСП-2;
44. Фильтровальная бумага;
45. Центрифуга лабораторная настольная СМ-6М с ротором 6М;
46. Чашки Петри;
47. Штатив для дозаторов для 6-ти дозаторов;
48. Штатив лабораторный для бюреток (2710) Ulab;

*Список объектов, предназначенных для изучения на занятиях:*

1. Гербарные образцы низших и высших растений;
2. Коллекции насекомых, фиксированные или живые кольчатые черви, моллюски, раки;
3. Культуры простейших и водорослей;
4. Набор постоянных препаратов по ботанике, зоологии, анатомии и физиологии человека и общей биологии;
5. Скелеты голубя, костистой рыбы, лягушки;
6. Фиксированные объекты: земноводные, пресмыкающиеся, тушки млекопитающих и птиц;
7. Черепа млекопитающих.