



Детский технопарк «Кванториум»  
на базе муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения  
«Школа № 60/61 имени Героя Российской Федерации Д.О. Миронова»

---

Принята на заседании  
методического совета

Протокол № 8 от  
«28» мая 2025 года

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора МБОУ «Школа № 60/61»  
\_\_\_\_\_/О.В.Антипова/

Приказ № 367 от  
«10» июня 2025 года

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА**

**«*Экспериментальная химия*»**

**Срок реализации:** 2 года, 144 часа

**Уровень программы:** базовый, продвинутый

**Возраст обучающихся:** 13 – 17 лет (8 – 11 класс)

г. Рязань  
2025 год

## Пояснительная записка.

В обучении химии большое значение имеет эксперимент. Анализируя результаты проведенного опыта, учащиеся убеждаются в том, что те или иные теоретические представления соответствуют или противоречат реальности. Только осуществляя химический эксперимент, можно проверить достоверность прогнозов, сделанных на основе теории.

**Актуальность** определяется тем, что использование инновационного оборудования технопарка «Школьный Кванториум» позволяет качественно изменить процесс обучения химии. Количественные эксперименты позволят получать достоверную информацию о протекании тех или иных химических процессов, строении вещества.

**Педагогическая целесообразность Программы** заключается в том, что она позволяет сформировать у обучающихся целостную систему знаний, умений и навыков, которые позволят им понять основы протекания химических реакций и строение вещества.

**Цель:** организация образовательной деятельности в сфере дополнительного образования, которая направлена на создание условий для расширения содержания общего образования для развития у учащихся естественнонаучной, математической, информационной грамотности, формирования критического и креативного мышления, совершенствования навыков естественнонаучной направленности.

### **Задачи программы:**

Данная программа решает следующие основные задачи:

#### Образовательные:

- Научить используя возможности цифровой лаборатории по химии основным приемам количественных исследований химических явлений и свойств веществ;
- научить основным приемам описания, анализа и формулирования выводов химических исследований используя цифровое оборудование
- ознакомить с правилами безопасной работы с оборудованием, необходимым для проведения опытов.

#### Развивающие:

- развивать способности владения компьютером (ноутбуков);
- развивать навыки построения моделей и научить основам работы с оборудованием и программным обеспечением;
- способствовать профессиональной ориентации обучающихся, усиливая межпредметную интеграцию знаний и умений, рассматривая прикладные вопросы технической направленности;
- формировать у обучающихся умение самостоятельно приобретать и применять знания;
- развивать пространственное мышление и воображение.

#### Воспитательные:

- воспитывать умение работать в команде, эффективно распределять обязанности;
- воспитывать творческое отношение к выполняемой работе;
- формировать потребность к исследовательской деятельности, стремление к самовыражению через исследование

**Новизна Программы** основана на использовании в экспериментальных наблюдениях цифровой химической лаборатории с комплектом датчиков и программным обеспечением, что позволяет получать не только информацию о качественных сторонах эксперимента, но и о количественных.

## **Планируемые результаты освоения Программы**

### **Личностные результаты:**

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих личностных УУД:*

- определение мотивации изучения учебного материала;
- оценивание усваиваемого учебного материала, исходя из социальных и личностных ценностей;
- повышение своего образовательного уровня и уровня готовности к изучению основных исторических событий, связанных с историей развития химии и общества;
- знание правил поведения в чрезвычайных ситуациях;
- оценивание социальной значимости профессий, связанных с химией;
- владение правилами безопасного обращения с химическими веществами и оборудованием, проявление экологической культуры.

### **Метапредметные результаты:**

#### ***Регулятивные***

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих регулятивных УУД*

- целеполагание, включая постановку новых целей, преобразование практической задачи в познавательную, самостоятельный анализ условий достижения цели на основе учёта выделенных учителем ориентиров действия в новом учебном материале;
- планирование пути достижения целей;
- установливание целевых приоритетов, выделение альтернативных способов достижения цели и выбор наиболее эффективного способа;
- умение самостоятельно контролировать своё время и управлять им;
- умение принимать решения в проблемной ситуации;
- постановка учебной задачи, составление плана и последовательности действий;
- организация рабочего места при выполнении химического эксперимента;
- прогнозирование результата усвоения, оценивание усвоенного материала, оценка качества и уровня усвоения, коррекция в план и способ действия при необходимости.

#### ***Познавательные***

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих познавательных УУД:*

- поиск и выделение информации;
- анализ условий и требований задачи, выбор, сопоставление и обоснование способа решения задачи;
- выбор наиболее эффективных способов решения задачи в зависимости от конкретных условий;
- выдвижение и обоснование гипотезы, выбор способа её проверки;
- самостоятельное создание алгоритма деятельности при решении проблем творческого и поискового характера;
- умения характеризовать вещества по составу, строению и свойствам;

- описывание свойств твёрдых, жидких, газообразных веществ, выделение их существенных признаков;
- изображение состава простейших веществ с помощью химических формул и сущности химических реакций с помощью химических уравнений;
- проведение наблюдений и описание признаков и условий течения химических реакций, выполнение химического эксперимента, выводы на основе анализа наблюдений за экспериментом, решение задач, получение химической информации из различных источников;
- умение организовывать исследование с целью проверки гипотез;
- умение делать умозаключения (индуктивное и по аналогии) и выводы;
- умение объективно оценивать информацию о веществах и химических процессах, критически относиться к псевдонаучной информации.

### ***Коммуникативные***

*Обучающийся получит возможность для формирования следующих коммуникативных УУД:*

- полное и точное выражение своих мыслей в соответствии с задачами и условиями коммуникации;
- адекватное использование речевых средств для дискуссии и аргументации своей позиции, умение представлять конкретное содержание с сообщением его в письменной и устной форме, определение способов взаимодействия, сотрудничество в поиске и сборе информации;
- определение способов взаимодействия, сотрудничество в поиске и сборе информации, участие в диалоге, планирование общих способов работы, проявление уважительного отношения к другим обучаемым;
- описание содержания выполняемых действий с целью ориентировки предметнопрактической деятельности;
- умения учитывать разные мнения и стремиться к координации различных позиций в сотрудничестве;
- формулировать собственное мнение и позицию, аргументировать и координировать её с позициями партнёров в сотрудничестве при выработке общего решения в совместной деятельности;
- осуществлять взаимный контроль и оказывать в сотрудничестве необходимую взаимопомощь;
- планировать общие способы работы; осуществлять контроль, коррекцию, оценку действий партнёра, уметь убеждать;
- использовать адекватные языковые средства для отображения своих чувств, мыслей, мотивов и потребностей; отображать в речи (описание, объяснение) содержание совершаемых действий как в форме громкой социализированной речи, так и в форме внутренней речи;
- развивать коммуникативную компетентность, используя средства устной и письменной коммуникации при работе с текстами учебника и дополнительной литературой, справочными таблицами, проявлять готовность к уважению иной точки зрения при обсуждении результатов выполненной работы.

### ***Предметные результаты***

*Обучающийся научится:*

- применять основные методы познания: наблюдение, измерение, эксперимент;
- характеризовать термины и понятия, объяснять взаимосвязь между ними;
- обосновывать систему взглядов на живую природу, применяя биологические теории, учения, законы, закономерности, понимать границы их применимости;
- классифицировать основные биологические макромолекулы;
- описывать функции белков, нуклеиновых кислот, углеводов и липидов;

- устанавливать связь строения и функций основных биологических макромолекул, их роль в процессах клеточного метаболизма;
- объяснять значение микро-, макро- и ультрамикрорэлементов в клетке;
- понимать сущность биосинтеза белков, механизма действия ферментов, биосинтеза ДНК и РНК, распада белков, биосинтеза и обмена углеводов, биосинтеза и обмена липидов, биологического окисления и синтеза АТФ, механизма действия стероидных гормонов;
- решать задачи на определение последовательности нуклеотидов ДНК и иРНК (мРНК), антикодонов тРНК, последовательности аминокислот в молекуле белка, применяя знания о реакциях матричного синтеза, генетическом коде, принципе комплементарности;
- делать выводы об изменениях, которые произойдут в процессах матричного синтеза в случае изменения последовательности нуклеотидов ДНК;
- обосновывать взаимосвязь пластического и энергетического обменов; сравнивать процессы пластического и энергетического обменов, происходящих в клетках живых организмов;
- характеризовать методы биохимических исследований;
- проводить учебно-исследовательскую деятельность: выдвигать гипотезы, планировать работу, отбирать и преобразовывать необходимую информацию, проводить эксперименты, интерпретировать результаты, делать выводы на основе полученных результатов; Обучающийся получит возможность научиться:
  - выдвигать и проверять экспериментально гипотезы о химических свойствах веществ на основе их состава и строения, их способности вступать в химические реакции, о характере и продуктах различных химических реакций;
  - характеризовать вещества по составу, строению и свойствам, устанавливать причинно-следственные связи между данными характеристиками вещества;
  - выдвигать и проверять экспериментально гипотезы о результатах воздействия различных факторов на изменение скорости химической реакции;
  - использовать приобретённые ключевые компетенции при выполнении проектов и учебно-исследовательских задач по изучению свойств, способов получения и распознавания веществ;
  - объективно оценивать информацию о веществах и химических процессах;
  - осознавать значение теоретических знаний по химии для практической деятельности человека;
  - создавать модели и схемы для решения учебных и познавательных задач; понимать необходимость соблюдения

### **Категория обучающихся**

Обучение по Программе ведется в разновозрастных группах, которые комплектуются из обучающихся 13 – 17 лет (8 – 11 класс). Рекомендуемое количество обучающихся в группе – 10 человек.

1 год обучения: 8-9 класс – базовый уровень

2 год обучения: 10-11 класс – продвинутый уровень

Программа 2 года обучения опирается на материал, изученный на базовом уровне, поэтому некоторые темы курса рассматриваются повторно, но уже на более высоком теоретическом уровне. Такой подход позволяет углублять и развивать понятие о веществе и химическом процессе, закреплять пройденный материал в активной памяти учащихся, а также сохранять преемственность в процессе обучения.

### **Сроки реализации**

Программа рассчитана на 2 года. Общее количество часов в год составляет 72 часа, всего 144 часа. На продвинутый уровень зачисляются обучающиеся успешно закончившие базовый уровень.

## **Формы и режим занятий**

Программа реализуется 1 раз в неделю по 2 академических часа (40 минут), между занятиями 10 минутный перерыв.

Программа включает в себя теоретические и практические занятия. Форма обучения – очная, при необходимости возможен переход на дистанционную форму обучения при согласии родителей.

Образовательная Программа предполагает возможность организации и проведения с обучающимися культурно-массовых мероприятий, в том числе конкурсы, марафоны, конференции и т.д., а также их участием в конкурсных мероприятиях, как форма аттестации по курсу.

Форма организации занятий – групповая. Обучающиеся работают в паре.

Во время осенних и весенних каникулах обучающиеся участвуют в образовательном марафоне «Делимся знаниями!», который проводит МБОУ «Школа № 60/61»

### Форма проведения занятий:

- на этапе изучения нового материала - лекция, объяснение, рассказ, демонстрация;
- на этапе закрепления изученного материала - беседа, дискуссия, практическая работа;
- на этапе повторения изученного материала - наблюдение, устный контроль (опрос, беседа), творческое задание;
- на этапе проверки полученных знаний - выполнение дополнительных заданий, публичное выступление с демонстрацией результатов работы

## **Формы подведения итогов реализации программы**

В процессе обучения проводятся разные виды контроля над результативностью усвоения программного материала.

Виды контроля:

- Входной (предварительный) контроль - проверка соответствия качеств начального состояния обучаемого перед его обучением.
- Первичная диагностика – определение образовательных ожиданий ребёнка, его отношений и образовательных потребностей (проводится после изучения первой темы программы).
- Текущий контроль – проводится на занятиях в виде наблюдения за успехами каждого учащегося. Проводится обсуждение результатов опытов и формулируются общие выводы
- Тематически контроль – проверка результатов обучения после прохождения темы. Проходит в виде тестового контроля, защиты проекта и т.д.
- Итоговый контроль - проверка результатов обучения после завершения образовательной программы, в конце учебного года в виде защиты проектов.

## **1 год обучения – базовый уровень**

### **Учебно-тематический план**

<b>№</b>	<b>Наименование</b>	<b>Количество часов</b>	<b>Форма</b>
----------	---------------------	-------------------------	--------------

	<b>разделов и тем</b>	<b>Всего</b>	<b>Теория</b>	<b>Практика</b>	контроля
1	Введение	2	1	1	Входной контроль
2	Методы познания в химии. Экспериментальные основы химии	11	4	7	Первичная диагностика Текущий контроль
3	Строение вещества	10	3	7	Текущий Тематический
4	Химические реакции	16	4	12	Текущий Тематический
5	Многообразие веществ	16	4	12	Текущий Тематический
6	Проектная работа В малых группах	15	1	14	Итоговый контроль
7	Итоговое занятие	2		2	
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>17</b>	<b>55</b>	

### Содержание учебного плана

#### **Введение (2 часа)**

Теория: Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Правила поведения в технопарке. Правила работы с нагревательными приборами. Правила работы с легковоспламеняющимися жидкостями. Правила безопасности при работе со щелочами, кислотами и другими химическими веществами. Приемы обращения со стеклянной и фарфоровой химической посудой.

Практика: Знакомство с цифровой химической лабораторией. Датчики для измерений. Использование датчика температуры платинового для определения температуры воды.

#### **Методы познания в химии. Экспериментальные основы химии (11 часов)**

Теория. Химический эксперимент. Горение - сложный экзотермический процесс. Физические свойства вещества. Температура кипения. Температура плавления. Растворимость веществ.

Практика. Работа со спиртовкой. Изучение строения пламени спиртовки и парафиновой свечи с помощью датчика высокой температуры.

Измерение температуры кипения воды с помощью лабораторного термометра и датчика температуры.

Определение температуры плавления и кристаллизации металла.

Определение водопроводной и дистиллированной воды.

Изучение растворимости вещества в зависимости от температуры.

Тепловой эффект растворения веществ в воде.

Наблюдение за ростом кристаллов.

#### **Строение вещества (10 часов)**

Теория. Атомы. Молекулы. Ионы. Вещества молекулярного и немоллекулярного строения. Типы кристаллических решеток. Зависимость свойств веществ от их строения. Электролиты и неэлектролиты. Классы неорганических соединений. Кислоты и основания. Индикаторы.

Практика. Составление моделей молекул и различных кристаллических решеток при помощи конструктора.

Температура плавления веществ с разными типами кристаллических решеток.

Классы неорганических соединений. Кислоты и основания. Индикаторы. Определение характера сред при помощи различных индикаторов.

Определение pH различных сред.

Электролиты и неэлектролиты.

Сильные и слабые электролиты.

Определение концентрации соли по электропроводности раствора.

### **Химические реакции (16 часов)**

Теория. Классификация химических реакций. Тепловой эффект химической реакции. Скорость химической реакции. Реакции ионного обмена. Титрование. Гидролиз. Окислительно-восстановительные реакции.

Практика. Разложение кристаллогидрата.

Выделение и поглощение теплоты – признак химической реакции.

Реакция нейтрализации. Тепловой эффект реакции гидроксида натрия с углекислым газом.

Определение концентрации веществ колориметрическим методом по калибровочному графику.

Взаимодействие гидроксида бария с серной кислотой.

Изучение реакции взаимодействия сульфита натрия с пероксидом водорода.

Изменение pH в ходе окислительно-восстановительных реакций.

Изучение влияния различных факторов на скорость химических реакций.

Определение pH растворов солей

### **Многообразие веществ (16 часов)**

Теория. Металлы и их соединения. Неметаллы и их соединения. Простые и сложные вещества. Органические вещества. Спирты. Карбоновые кислоты. Аминокислоты.

Практика.

Плавление и кристаллизация серы.

Взаимодействие известковой воды с углекислым газом.

Изучение свойств сернистого газа и сернистой кислоты.

Основные свойства аммиака.

Изучение образцов металлов. Щелочные и щелочноземельные металлы.

Изучение температуры кипения одноатомных спиртов.

Окисление спиртов.

Влияние жесткой воды на мыло.

Определение среды растворов аминокислот.

### **Проектная работа в малых группах (15 часов)**

Теория. Проект. Виды проектов. Как работать над проектом. Выбор темы проектов

Практика. Выполнение проектной работы. Защита проекта.

### **Итоговое занятие (2 час)**

Подведение итогов курса. Игра.

### Календарный учебный график

№ п/п	Тема занятия	Форма занятия	Форма контроля	
<b>Введение (2 часа)</b>				
1	1	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Правила поведения в технопарке. Правила работы с химическим оборудованием.	теория	опрос, беседа
2	1	Знакомство с цифровой химической лабораторией. Датчики для измерений.	практика	опрос, беседа
<b>Методы познания в химии. Экспериментальные основы химии (11 часов)</b>				
3	1	Химический эксперимент. Горение - сложный экзотермический процесс.	теория	опрос, беседа
4	1	Работа со спиртовкой. Изучение строения пламени спиртовки и парафиновой свечи с помощью датчика высокой температуры.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
5	1	Физические свойства вещества. Температура кипения. Температура плавления.	теория	опрос, беседа
6	1	Измерение температуры кипения воды с помощью лабораторного термометра и датчика температуры.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
7	1	Определение температуры плавления и кристаллизации металла.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
8	1	Определение водопроводной и дистиллированной воды.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
9	1	Растворимость веществ.	теория	опрос, беседа

10	1	Изучение растворимости вещества в зависимости от температуры.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
11	1	Тепловой эффект растворения веществ в воде.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
12	1	Наблюдение за ростом кристаллов	теория, практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
13	1	Промежуточный контроль по теме: «Методы познания в химии. Экспериментальные основы химии».	Теория, практика	Тестирование по теме
<b>Строение вещества (10 часов)</b>				
14	1	Атомы. Молекулы. Ионы. Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Типы кристаллических решеток. Зависимость свойств веществ от их строения	теория	опрос, беседа
15	1	Составление моделей молекул и различных кристаллических решеток при помощи конструктора.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
16	1	Температура плавления веществ с разными типами кристаллических решеток	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
17	1	Электролиты и неэлектролиты.	теория	опрос, беседа
18	1	Классы неорганических соединений. Кислоты и основания. Индикаторы.	теория	опрос, беседа
19	1	Определение характера сред при помощи различных индикаторов.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
20	1	Понятие о pH	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов

				ВЫВОДОВ
21	1	Определение рН различных сред.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
22	1	Сильные и слабые электролиты.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
23	1	Промежуточный контроль по теме: «Строение вещества».	практика, теория	Тестирование по теме
<b>Химические реакции (16 часов)</b>				
24	1	Классификация химических реакций. Тепловой эффект химической реакции.	теория	опрос, беседа
25	1	Разложение кристаллогидрата.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
26	1	Выделение и поглощение теплоты – признак химической реакции.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
27	1	Реакция нейтрализации. Тепловой эффект реакции гидроксида натрия с углекислым газом.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
28	1	Скорость химической реакции.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
29	1	Изучение влияния различных факторов на скорость химических реакций.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
30	1	Реакции ионного обмена.	теория	опрос, беседа

31	1	Качественные реакции на ионы. Решение экспериментальных задач.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
32	1	Титрование.	теория	опрос, беседа
33	1	Определение концентрации веществ колориметрическим методом по калибровочному графику.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
34	1	Взаимодействие гидроксида бария с серной кислотой.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
35	1	Гидролиз.	теория	опрос, беседа
36	1	Определение рН растворов солей	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
37	1	Окислительно-восстановительные реакции. Изучение реакции взаимодействия сульфита натрия с пероксидом водорода.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
38	1	Изменение рН в ходе окислительно-восстановительных реакций.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
39	1	Промежуточный контроль по теме: «Химические реакции».	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Многообразие веществ (16 часов)</b>				
40	1	Неметаллы и их соединения.	теория	опрос, беседа
41	1	Плавление и кристаллизация серы.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов

				ВЫВОДОВ
42	1	Взаимодействие известковой воды с углекислым газом.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
43	1	Изучение свойств сернистого газа и сернистой кислоты.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
44	1	Основные свойства аммиака.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
45	1	Металлы и их соединения.	теория	опрос, беседа
46	1	Изучение образцов металлов. Щелочные и щелочноземельные металлы.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
47	1	Промежуточный контроль по теме: «Неорганические вещества»	теория	опрос, беседа
48	1	Органические вещества	теория	опрос, беседа
49	1	Изучение температуры кипения одноатомных спиртов.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
50	1	Спирты и их свойства.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
51	1	Окисление спиртов.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
52	1	Карбоновые кислоты. Аминокислоты.	теория	опрос, беседа

53	1	Влияние жесткой воды на мыло.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
54	1	Определение среды растворов аминокислот.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
55	1	Промежуточный контроль по теме: «Многообразие веществ»	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Проектная работа в малых группах (15 часов)</b>				
56-58	3	Проект. Виды проектов. Как работать над проектом.	теория	опрос, беседа
59-60	2	Организационное занятие. Выбор темы проектов.	теория	опрос, беседа
61	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
62	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
63	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
64	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
65	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
66	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
67	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
68	1	Выполнение проектной работы.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах

69	1	Представление и защита проектов.	практика	защита проектов
70	1	Представление и защита проектов.	практика	защита проектов
<b>Итоговое занятие (2 час)</b>				
71- 72	2	Итоговое занятие	практика	Подведение итогов

## 2 год обучения – продвинутый уровень

№	Наименование разделов и тем	Количество часов			Форма контроля
		Всего	Теория	Практика	
1	Вводные занятия. Введение в биохимию	1	1		Входной контроль
2	Химический состав организмов и общее понятие об обмене веществ и энергии в живой природе	4	3	1	Первичная диагностика Текущий контроль
3	Белки. Распад и биосинтез белков.	6	4	2	Текущий Тематический
4	Ферменты	6	4	2	Текущий Тематический
5	Витамины и некоторые другие биологически активные соединения	6	4	2	Текущий Тематический
6	Нуклеиновые кислоты и их обмен	4	3	1	Текущий Тематический
7	Углеводы и их обмен	5	3	2	Текущий Тематический
8	Липиды и их обмен	5	3	2	Текущий Тематический
9	Биологическое окисление и синтез АТФ	2	2	-	Текущий Тематический
10	Гормоны и их роль в обмене веществ	6	4	2	Текущий Тематический
11	Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Проблемы биохимической экологии	4	2	2	Текущий Тематический
12	Проектная (исследовательская) работа	23	2	21	Защита
	<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>35</b>	<b>37</b>	

### Содержание учебного плана

#### Введение в биохимию (1 час)

Теория: Биохимия — наука о качественном составе, количественном содержании и преобразованиях в процессе жизнедеятельности соединений, образующих живую материю. История развития биохимии. Роль отечественных учёных в развитии биохимии. Взаимосвязь биохимии с молекулярной биологией, биофизикой и биоорганической химией. Значение биохимии для развития биологии, медицины, биотехнологии, сельского хозяйства, генетики и экологии. Методы биохимических исследований и их

характеристика. Использование современных скоростных и автоматизированных физикохимических методов анализа для биохимических целей. Биохимические методы мониторинга окружающей среды.

### **Химический состав организмов и общее понятие об обмене веществ и энергии в живой природе (4 часа)**

Теория: Понятие о главных биогенных элементах. Макро- и микроэлементы. Закономерности распространения элементов в живой природе. Потребность организмов в химических элементах. Биогеохимический круговорот веществ в природе — основа сохранения равновесия биосферы. Масштабы обмена веществ в живой природе. Пластические и энергетические вещества. Биологически активные соединения, их роль в жизни человека, животных и растений. Понятие о пестицидах и их видах.

### **Белки. Распад и биосинтез белков (6 часов)**

Теория: Роль белков в построении и функционировании живых систем. Понятие о протеоме и протеомике. Аминокислотный состав белков. Понятие о протеиногенных аминокислотах. Способ связи аминокислот в белковой молекуле. Пептиды. Природные пептиды (глутатион, вазопрессин, энкефалины, эндорфины и др.), их физиологическое значение и использование в качестве медицинских препаратов. Химический синтез пептидов заданного строения и возможности их применения. Структура белковых молекул. Первичная структура белков. Принципы и методы определения первичной структуры белка. Вторичная и надвторичная структуры белков. Понятие об  $\alpha$ - и  $\beta$ -конформациях полипептидной цепи (работы Л. Полинга). Параметры  $\alpha$ -спирали полипептидной цепи. Связь первичной и вторичной структур белковой молекулы. Классификация белков по элементам вторичной структуры. Доменный принцип структурной организации белков. Понятие о структурных и функциональных доменах (на примере иммуноглобулинов и каталитически активных белков). Третичная структура белков. Типы связей, обеспечивающих поддержание третичной структуры. Динамичность третичной структуры белков. Самоорганизация третичной структуры белковой молекулы и роль специфических белков-шаперонов в этом процессе. Предсказание пространственного строения белков исходя из их первичной структуры. Четвертичная структура белков. Конкретные примеры четвертичной структуры белков (гемоглобин, лактат-дегидрогеназа, каталаза и др.). Номенклатура и классификация белков. Функциональная классификация белков и характеристика отдельных групп: структурных, сократительных, защитных, токсических, рецепторных и регуляторных. Белки (металлотионеины, гемоглобин и др.). Распад белков. Ферменты, осуществляющие распад белков. Протеасомы — комплексы протеолитических ферментов. Мажорные белки крови как источники биологически активных пептидов. Метаболизм аминокислот. Конечные продукты распада белков и пути связывания аммиака в организме. Пути новообразования аминокислот. Первичные и вторичные аминокислоты. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Биосинтез белков. Матричная схема биосинтеза белков. Активирование аминокислот (синтез аминоацил-тРНК). Строение рибосом. Состав прокариотических и эукариотических рибосом. Полирибосомы. Этапы трансляции (инициация, элонгация, терминация) и их регуляция. Код белкового синтеза. Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов.

#### Практика:

- Определение среды растворов аминокислот.
- Определение изоэлектрической точки желатинины.
- Определение температуры плавления аминокислот.
- Влияние температуры на свойства белков.
- Влияние изменения pH на свойства белков.

Цветные реакции на белки.

### **Ферменты Разнообразие каталитически активных молекул (6 часов)**

Теория: Каталитически активные белки (энзимы), каталитически активные РНК (рибозимы), каталитически активные антитела (абзимы). Каталитическая функция белков. Различия в свойствах ферментов и катализаторов иной природы. Специфичность действия ферментов. Роль отечественных учёных (И. П. Павлов, А. Е. Браунштейн, В. А. Энгельгардт и др.) в развитии энзимологии. Понятие о субстратном и аллостерическом центрах в молекуле ферментов. Ферменты мономеры (трипсин, лизоцим) и мультимеры (глутатион-редуктаза). Понятие о коферментах. Коферменты — переносчики водорода и электронов (НАД, НАДФ, ФАД), и атомных групп (АТФ, кофермент-А, НДФ-сахара). Множественные формы ферментов и их функциональное значение. Изоферменты лактатдегидрогеназы. Значение исследования множественных форм ферментов для медицины, генетики, селекции и мониторинга окружающей среды. Механизм действия ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Константа диссоциации фермент-субстратного комплекса (K<sub>S</sub>) и константа Михаэлиса (K<sub>M</sub>). Активаторы и ингибиторы ферментов. Влияние ксенобиотиков на активность ферментов. Номенклатура и классификация ферментов. Принципы классификации ферментов. Промышленное получение и практическое использование ферментов. Перспективы практического использования рибозимов и абзимов для борьбы с заболеваниями человека.

#### Практика:

Термолабильность ферментов.

Влияние активаторов и ингибиторов на работу ферментов.

### **Витамины и некоторые другие биологически активные соединения (6 часов)**

Теория: История открытия витаминов. Роль витаминов в питании человека и животных. Авитаминозы, гиповитаминозы, гипервитаминозы. Соотношение витаминов и коферментов. Витамерия. Жирорастворимые витамины. Витамин А и его участие в зрительном акте. Витамины D, K и E и их роль в обмене веществ. Водорастворимые витамины. Витамины B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>5</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, их значение в обмене веществ. Витамин C (аскорбиновая кислота). Разнообразие биологически активных соединений: авитамины, антибиотики, фитонциды, гербициды, дефолианты, ростовые вещества (важнейшие представители и механизмы действия).

#### Практика:

Качественная реакция на витамин А.

Количественное определение витамина Р в чае.

### **Нуклеиновые кислоты и их обмен (4 часа)**

Теория: История открытия и изучения нуклеиновых кислот, их химический состав. Характеристика пуриновых и пиримидиновых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот. Два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Различия между ДНК и РНК по составу главных азотистых оснований, пентозам, молекулярной массе, локализации в клетке и функциям. Структура и функции ДНК. Содержание ДНК в организме и локализация её в клетке (ядро, митохондрии, хлоропласта, эписомы). Размер и формы молекул ДНК. Кольцевая форма ДНК некоторых фагов, митохондрий и хлоропластов. Первичная структура ДНК. Успехи и перспективы в расшифровке структуры геномов микроорганизмов, растений и животных. Проект «Геном человека». Вторичная структура ДНК (модель Дж. Уотсона и Ф. Крика). Комплементарность азотистых оснований и её значение для воспроизведения структуры геномов. Третичная структура ДНК. Сверхспирализация ДНК. Избыточность и компактность молекул ДНК. Строение

хроматина. Мутации в ДНК и факторы, их вызывающие. Репарация структуры ДНК и её значение для сохранения видов. Наследственные заболевания. РНК, их классификация (тРНК, рРНК, мРНК, мяРНК, тмРНК, вирусные РНК). Сравнительная характеристика видов РНК по их структуре и функциям. Механизм биосинтеза (репликации) ДНК. Ферменты (РНК-полимераза, ДНК-полимераза, ДНК-лигаза) и белковые факторы, участвующие в репликации ДНК. Репликационная вилка и этапы биосинтеза ДНК. Особенности репликации у про- и эукариот. Биосинтез РНК (транскрипция) и её регуляция у про- и эукариот. Понятие о транскриптонах и оперонах. Созревание (процессинг) РНК. Сплайсинг и его виды. Аутосплайсинг. «Редактирование» РНК. Обратная транскрипция и её значение для существования вирусов (на примере вируса иммунодефицита человека и вирусов гриппа) и внутригеномных перестроек. Понятие о подвижных генетических элементах и их значении для эволюции геномов. Понятие о генетической инженерии. Принципы и стратегии молекулярного клонирования. Достижения и перспективы молекулярной биотехнологии.

#### Практика:

Выделение нуклеопротеинов из дрожжей.

#### **Углеводы и их обмен (5 часов)**

Теория: Классификация углеводов. Простые углеводы (моносахариды) и их представители (рибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза). Сложные углеводы. Дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза). Полисахариды, их структура и представители (гликоген, крахмал, клетчатка, хитин). Функции углеводов (энергетическая, метаболическая, рецепторная и др.). Гликопротеины как детерминанты групп крови. Обмен углеводов. Пути распада полисахаридов. Регуляция фосфолиза при участии гормонов, G-белков, цАМФ и протеинкиназ. Обмен глюкозо-6-фосфата (дихотомический и апотомический пути). Обмен пировиноградной кислоты. Гликолиз. Спиртовое брожение. Действие этанола на организм человека. Полиферментный комплекс окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Цикл трикарбоновых и дикарбоновых кислот, его значение в обмене веществ и обеспечении организма энергией. Биосинтез углеводов. Понятие о первичном биосинтезе углеводов. Глюконеогенез. Биосинтез олиго- и полисахаридов.

#### Практика:

Цветные реакции на крахмал.

Качественные реакции на моно- и дисахариды.

#### **Липиды и их обмен (5 часов)**

Теория: Общая характеристика и классификация липидов. Структура и функции липидов. Роль липидов в построении биологических мембран. Структура и функции липопротеинов. Обмен жиров. Распад жиров и  $\beta$ -окисление высших жирных кислот. Глиоксилевый цикл и его роль во взаимосвязи обмена липидов и углеводов. Механизм биосинтеза высших жирных кислот. Биосинтез триглицеридов. Нарушения в обмене жиров. Ожирение и его причины. Воски, их строение, функции и представители (спермацет, пчелиный воск). Стериды. Стероиды (холестерол, эргостерол и др.). Структура и функции стероидов (холевая кислота, стероидные гормоны). Фосфолипиды. Биологическая роль фосфолипидов. Фосфоинозитиды как источники вторичных посредников гормонов.

#### Практика:

Определение температуры плавления и затвердевания жиров.

Эмульгирование жиров.

### **Биологическое окисление и синтез АТФ (2 часа)**

Теория: История изучения процессов биологического окисления: работы А. Н. Баха, В. И. Палладина, О. Варбурга, В. А. Энгельгардта. Разнообразие ферментов биологического окисления. Системы микросомального окисления в клетке. Цитохром Р-450 и его роль в детоксикации ксенобиотиков. Супероксиддисмутаза, каталаза и их роль в защите организма от активных форм кислорода. Сопряжение окисления с фосфорилированием. Субстратное фосфорилирование и фосфорилирование на уровне электронно-транспортной цепи. Понятие о сопрягающей мембране митохондрий. Строение протонной АТФазы и вероятные механизмы синтеза АТФ.

### **Гормоны и их роль в обмене веществ (6 часов)**

Теория: Классификация гормонов. Стероидные гормоны: кортикостерон, тестостерон, эстрадиол, эхдизон. Механизм действия стероидных гормонов. Пептидные гормоны. Характеристика инсулина, гормона роста, тиреотропина, гастрин, вазопрессина. Механизм действия пептидных гормонов (на примере глюкагона и инсулина). Сахарный диабет и его виды. Прочие гормоны (адреналин, ауксин, гиббереллины, цитокинины, простагландины), их структура и механизм действия. Рилизинг-факторы гормонов. Нейрогормоны (эндорфины и энкефалины). Применение гормонов в медицине и сельском хозяйстве.

#### Практика:

Качественные реакции на инсулин.  
Реакция адреналина с хлорным железом.  
Реакция адреналина с йодом.

### **Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Проблемы биохимической экологии (4 часа)**

Теория: Общие представления о взаимосвязи обмена веществ в клетке. Понятие о ключевых метаболитах (пировиноградная кислота, кофермент-А и др.). Взаимосвязь белкового и нуклеинового обмена, значение регуляторных белков. Взаимосвязь углеводного и белкового обмена. Роль пировиноградной кислоты и цикла Кребса в этой взаимосвязи. Взаимосвязь обмена углеводов и липидов; роль ацетилкоэнзима-А в этом процессе. Уровни регуляции обмена веществ: клеточный, организменный и популяционный. Транскрипционный (оперонный) уровень регуляции. Основные механизмы регуляции обмена веществ в клетке. Организменный уровень регуляции. Гормональная регуляция обмена веществ. Каскадный механизм регуляции с участием гормонов и вторичных посредников. Популяционный уровень регуляции. Антибиотики микробов, фитонциды растений, телергоны животных и их влияние на процессы жизнедеятельности. Эколого-биохимические взаимодействия с участием различных групп организмов: микроорганизмов, грибов, высших растений, животных. Токсины растений. Пищевые детеренты и антифиданты. Пищевые аттрактанты и стимуляторы. Хеморегуляторы, воздействующие на позвоночных животных. Накопление и использование животными вторичных метаболитов растений. Антропогенные биоактивные вещества и проблемы химического загрязнения биосферы. Экологически безопасные способы воздействия на различные виды животных, растений и микроорганизмов.

### **Проектная (исследовательская) работа (23 часа)**

Предлагается для проектной работы следующие темы (примерные):

- Качественные реакции на аминокислоты и белки.
- Приготовление раствора белка (яичного альбумина). Разделение белков куриного яйца по их растворимости. Денатурация белков (обратимая и необратимая).

- Сравнительный анализ продуктов кислотного и ферментативного гидролиза ди- и полисахаридов (на примере сахарозы и крахмала).
  - Специфичность действия ферментов (амилаза).
  - Влияние на активность ферментов температуры, рН, активаторов и ингибиторов.
    - Выделение рибонуклеопротеинов из дрожжей.
    - Качественное определение продуктов гидролиза рибонуклеопротеинов.
    - Выделение гликогена из печени животных. Сопоставление структуры гликогена и крахмала.
      - Разделение углеводов методом тонкослойной хроматографии.
      - Гидролиз жиров под действием липазы.
      - Влияние желчи на активность липазы.
      - Качественные реакции на гормоны.
      - Биогенная классификация химических элементов. Биологически активные вещества. Витамины. Биологически активные добавки: профанация или польза? Биологическая роль витаминов.
        - Витамин С и его значение.
        - Искусственные жиры — угроза здоровью.
        - Использование дрожжей в пищевой промышленности.
        - Исследование физико-химических свойств молока разных производителей, имеющих экологический сертификат.
          - Иод в продуктах питания и влияние его на организм человека.

### Календарный учебный график

№ п/п	Тема занятия	Форма занятия	Форма контроля	
<b>Введение в биохимию (1 час)</b>				
1	1	Биохимия — наука о качественном составе, количественном содержании и преобразованиях в процессе жизнедеятельности соединений, образующих живую материю.	теория	опрос, беседа
<b>Химический состав организмов и общее понятие об обмене веществ и энергии в живой природе (4 часа)</b>				
2	1	Понятие о главных биогенных элементах.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих ВЫВОДОВ
3	1	Биогеохимический круговорот веществ в природе — основа сохранения равновесия биосферы.	теория	опрос, беседа
4	1	Масштабы обмена веществ в живой природе.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих ВЫВОДОВ
5	1	Биологически активные соединения, их роль в жизни человека, животных и растений. Понятие о пестицидах и их видах.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих ВЫВОДОВ
6	1	Промежуточный контроль по теме «Химический состав организмов и общее понятие об обмене веществ и энергии в живой природе»	Теория, практика	Тестирование по теме
<b>Белки. Распад и биосинтез белков (6 часов)</b>				
7	1	Роль белков в построении и функционировании живых систем.	теория	опрос, беседа
8	1	Пептиды.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих ВЫВОДОВ

9	1	Структура белковых молекул.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
10	1	Номенклатура и классификация белков.	теория	опрос, беседа
11	1	Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов.	практика	опрос, беседа
12	1	Промежуточный контроль по теме: «Белки. Распад и биосинтез белков».	практика, теория	Тестирование по теме
<b>Ферменты Разнообразие каталитически активных молекул (6 часов)</b>				
13	1	Каталитически активные белки (энзимы), каталитически активные РНК (рибозимы), каталитически активные антитела (абзимы).	теория	опрос, беседа
14	1	Понятие о субстратном и аллостерическом центрах в молекуле ферментов.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
15	1	Множественные формы ферментов и их функциональное значение.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
16	1	Номенклатура и классификация ферментов. Принципы классификации ферментов.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
17	1	Перспективы практического использования рибозимов и абзимов для борьбы с заболеваниями человека.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
18	1	Промежуточный контроль по теме: «Ферменты Разнообразие каталитически активных молекул».	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Витамины и некоторые другие биологически активные соединения (6 часов)</b>				
19	1	История открытия витаминов. Роль витаминов в питании человека и животных.	теория	опрос, беседа

20	1	Жирорастворимые витамины.	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
21	1	Водорастворимые витамины	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
22	1	Разнообразие биологически активных соединений: авитамины, антибиотики, фитонциды, гербициды, дефолианты, ростовые вещества (важнейшие представители и механизмы действия).	теория	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
23	1	Качественная реакция на витамин А. Количественное определение витамина Р в чае.	практика	обсуждение результатов опыта и формулировка общих выводов
24	1	Промежуточный контроль по теме: «Витамины и некоторые другие биологически активные соединения»	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Нуклеиновые кислоты и их обмен (4 часа)</b>				
25	1	Характеристика пуриновых и пиримидиновых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот.	теория	опрос, беседа
26	1	Успехи и перспективы в расшифровке структуры геномов микроорганизмов, растений и животных.	теория	опрос, беседа
27	1	Достижения и перспективы молекулярной биотехнологии.	теория	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
28	1	Промежуточный контроль по теме: «Нуклеиновые кислоты и их обмен»	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Углеводы и их обмен (5 часов)</b>				
29	1	Классификация углеводов.	теория	опрос, беседа
30	1	Функции углеводов	теория	опрос, беседа

31	1	Обмен углеводов.	теория	опрос, беседа
32	1	Биосинтез углеводов.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
33	1	Промежуточный контроль по теме: «Углеводы и их обмен»	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Липиды и их обмен (5 часов)</b>				
34	1	Структура и функции липидов.	теория	опрос, беседа
35	1	Структура и функции липопротеинов.	теория	опрос, беседа
36	1	Глиоксильный цикл и его роль во взаимосвязи обмена липидов и углеводов	теория	опрос, беседа
37	1	Структура и функции стероидов (холевая кислота, стероидные гормоны).	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
38	1	Промежуточный контроль по теме: «Липиды и их обмен»	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Биологическое окисление и синтез АТФ (2 часа)</b>				
39	1	Разнообразие ферментов биологического окисления.	теория	опрос, беседа
40	1	Супероксиддисмутаза, каталаза и их роль в защите организма от активных форм кислорода.	теория	опрос, беседа
<b>Гормоны и их роль в обмене веществ (6 часов)</b>				
41	1	Классификация гормонов.	теория	опрос, беседа
42	1	Сахарный диабет и его виды.	теория	опрос, беседа

43	1	Прочие гормоны (адреналин, ауксин, гиббереллины, цитокинины, простагландины), их структура и механизм действия.	теория	опрос, беседа
44	1	Применение гормонов в медицине и сельском хозяйстве.	теория	опрос, беседа
45	1	Качественные реакции на инсулин. Реакция адреналина с хлорным железом.	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
46	1	Промежуточный контроль по теме: «Липиды и их обмен»	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Проблемы биохимической экологии (4 часа)</b>				
47	1	Общие представления о взаимосвязи обмена веществ в клетке	теория	опрос, беседа
48	1	Эколого-биохимические взаимодействия с участием различных групп организмов: микроорганизмов, грибов, высших растений, животных	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
49	1	Экологически безопасные способы воздействия на различные виды животных, растений и микроорганизмов.	теория	опрос, беседа
50	1	Промежуточный контроль по теме: «Липиды и их обмен»	Практика, теория	Тестирование по теме
<b>Проектная (исследовательская) работа (23 часа)</b>				
51-53	3	Проект. Виды проектов. Как работать над проектом.	теория	опрос, беседа
54-55	2	Организационное занятие. Выбор темы проектов.	теория	опрос, беседа
56-70	15	Исследовательская и (или) проектная работа	практика	обсуждение промежуточных результатов в малых группах
71	1	Представление и защита проектов.	практика	защита проектов
72	1	Представление и защита проектов.	практика	защита проектов

## Ресурсное обеспечение Программы

### Материально-техническое обеспечение:

- ноутбуки с установленным необходимым программным обеспечением;
- интерактивная панель;
- цифровая (компьютерная лаборатория), включающая программно-аппаратный комплекс и набор датчиков;
- оборудование кабинета химии.

### Учебно-методическое обеспечение:

- Приложение к цифровой лаборатории. Методические рекомендации по химии для преподавателя.
- Приложение к цифровой лаборатории. Методические рекомендации для проведения лабораторных работ по химии.
- Пономарев В.Е. Реализация образовательных программ по химии из части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений, с использованием детского технопарка «Школьный Кванториум». Методическое пособие. \ В.Е. Пономарев. – М.: Центр естественно-научного и математического образования, 2021-57с.
- Беспалов П.И. Реализация образовательных программ по химии с использованием детского технопарка «Школьный Кванториум» 8- 9 классы. Методическое пособие. \ П.И. Беспалов. - М.: Центр естественно-научного и математического образования, 2021- 121с.
- Дорофеев М.В. Реализация образовательных программ по химии с использованием детского технопарка «Школьный Кванториум» 10 - 11 классы (углубленный уровень). Методическое пособие. \ М.В. Дорофеев. - М.: Центр естественно-научного и математического образования, 2021- 161с.
- Тюкавкина Н. А. Биоорганическая химия [Электронный ресурс]: учебник. Глава 14. Нуклеиновые кислоты. Нуклеотидные коферменты / Тюкавкина Н. А., Бауков Ю. И., Зурабян С. Э. // Москва: Гэотар-Медиа, 2014. — 416 с.
- Биоорганическая химия [Электронный ресурс]: руководство к практическим занятиям / под ред. Н. А. Тюкавкина // Москва: Гэотар-Медиа, 2014. — 168 с.
- Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии: учеб. пособие для студентов вузов / под ред. Н. А. Тюкавкина // Москва: ДРОФА, 2006. — 319 с.
- Тюкавкина Н. А. Биоорганическая химия: учеб. для студентов [мед.] вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков // Москва: Дрофа, 2005. — 542 с.
- Гроссе Э., Вайсмантель Х. Химия для любознательных. Основы химии и занимательные опыты. ГДР. 1974. - Пер. с нем. Л.: Химия, 1979, — 392 с.
- Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе/ Беспалов П. И. Дорофеев М. В., Жилин Д. М., Зими́на А. И., Оржековский П. А. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — 229 с.
- Леенсон И. А. 100 вопросов и ответов по химии: Материалы для школьных рефератов, факультативных занятий и семинаров: Учебное пособие. — М.: «Издательство АСТ»: «Издательство Астрель», 2002. — 347 с.
- Назарова Т. С., Грабецкий А. А., Лаврова В. Н. Химический эксперимент в школе. — М.: Просвещение, 1987. — 240 с.
- Стрельникова Л. Н. Из чего все сделано? Рассказы о веществе. — М.: Яуза-пресс. — 2011. — 208 с.

- Сусленникова В. М, Киселева Е. К. Руководство по приготовлению титрованных растворов. — Л.: Химия, 1967. — 139 с.
- Энциклопедия для детей. Том 17. Химия / Глав. ред. В. А. Володин, вед. науч. ред. И. Леенсон. — М.: Аванта+, 2003. — 640 с.
- Чертков И. Н., Жуков П. Н. Химический эксперимент с малыми количествами реактивов. — М.: Просвещение, 1989. — 191 с.
- Сайт МГУ. Программа курса химии для учащихся 8—9 классов общеобразовательной школы. <http://www.chem.msu.su/rus/books/2001-2010/eremin-chemprog>.
- Сайт ФИПИ. Открытый банк заданий для формирования естественно-научной грамотности. <https://fipi.ru/otkrytyy-bank-zadaniy-dlya-otsenki-uestestvennonauchnoygramotnosti>
- Сайт Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. <http://schoolcollection.edu.ru/catalog>.
- Сайт Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов. <http://fcior.edu.ru/>