

ПРИНЯТА

Педагогическим советом ОАНО «Школа ЦПМ»
(протокол от 29 августа 2025 г. №123)

УТВЕРЖДЕНА

приказом директора ОАНО «Школа ЦПМ»
от 29 августа 2025 г. №207/8-ОД25

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
курса внеурочной деятельности
«Физико-химические методы исследования в химии»
для обучающихся 10-11 классов
(объем изучения – 2 часа в неделю)

Составитель:

Д.И. Насырова

Москва, 2025 год



Пояснительная записка

Рабочая программа по курсу дополнительного образования **«Физико-химические методы исследования в химии»** для обучающихся 10-11 классов (далее курс) разработана на основе Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования, представленных в Федеральном государственном образовательном стандарте среднего общего образования, с учётом «Концепции преподавания учебного предмета «Химия» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы» и основных положений федеральной программы воспитания.

Основу подходов к разработке программы по курсу, к определению общей стратегии обучения, воспитания и развития обучающихся средствами курса составили концептуальные положения ФГОС СОО о взаимообусловленности целей, содержания, результатов обучения и требований к уровню подготовки выпускников.

В соответствии с данными положениями программа по курсу:

устанавливает обязательное (инвариантное) предметное содержание, определяет количественные и качественные его характеристики на каждом этапе изучения предмета, предусматривает принципы структурирования содержания и распределения его по основным разделам и темам курса;

даёт примерное распределение учебных часов по тематическим разделам, рекомендует примерную последовательность изучения отдельных тем курса с учётом межпредметных и внутрипредметных связей, логики учебного процесса, возрастных особенностей обучающихся 10–11 классов;

даёт методическую интерпретацию целей изучения предмета на уровне современных приоритетов в системе среднего общего образования, содержательной характеристики планируемых результатов освоения основной образовательной программы среднего общего образования (личностных, метапредметных, предметных), основных видов учебно-познавательной деятельности ученика по освоению содержания предмета. По всем названным позициям в программе по химии соблюдена преемственность с федеральной рабочей программой основного общего образования по химии (для 8–9 классов образовательных организаций, базовый уровень);

Программа курса является ориентиром для составления рабочих программ, авторы которых могут предложить свой подход к структурированию и последовательности изучения учебного материала, а также своё видение относительно возможности выбора вариативной составляющей содержания предмета дополнительно к обязательной (инвариантной) части его содержания.

Химическое образование, получаемое выпускниками средней школы, является неотъемлемой частью их образованности. Оно служит завершающим этапом реализации на соответствующем ему базовом уровне ключевых ценностей, присущих целостной системе химического образования. Эти ценности касаются познания законов природы, формирования мировоззрения и общей культуры человека, а также экологически обоснованного отношения к своему здоровью и природной среде. Реализуется химическое образование обучающихся на уровне среднего общего образования средствами учебного предмета «Химия», содержание и построение которого определены в программе курса с учётом специфики науки химии, её значения в познании природы и в материальной жизни общества, а также с учётом общих целей и принципов, характеризующих современное состояние системы среднего общего образования в Российской Федерации. Так, например, при формировании содержания предмета «Химия» учтены следующие положения о специфике и значении науки химии.



Химия как элемент системы естественных наук играет особую роль в современной цивилизации, в создании новой базы материальной культуры. Она вносит свой вклад в формирование рационального научного мышления, в создание целостного представления об окружающем мире как о единстве природы и человека, которое формируется в химии на основе понимания вещественного состава окружающего мира, осознания взаимосвязи между строением веществ, их свойствами и возможными областями применения.

Тесно взаимодействуя с другими естественными науками, химия стала неотъемлемой частью мировой культуры, необходимым условием успешного труда и жизни каждого члена общества. Современная химия как наука созидательная, как наука высоких технологий направлена на решение глобальных проблем устойчивого развития человечества – сырьевой, энергетической, пищевой, экологической безопасности и охраны здоровья.

В соответствии с общими целями и принципами среднего общего образования содержание курса ориентировано преимущественно на общекультурную подготовку обучающихся, необходимую им для выработки мировоззренческих ориентиров, успешного включения в жизнь социума, продолжения образования в различных областях, не связанных непосредственно с химией. Единая система знаний о важнейших веществах, их составе, строении, свойствах и применении, а также о химических реакциях, их сущности и закономерностях протекания дополняется в курсах 10 и 11 классов элементами содержания, имеющими культурологический и прикладной характер. Эти знания способствуют пониманию взаимосвязи химии с другими науками, раскрывают её роль в познавательной и практической деятельности человека, способствуют воспитанию уважения к процессу творчества в области теории и практических приложений химии, помогают выпускнику ориентироваться в общественно и лично значимых проблемах, связанных с химией, критически осмысливать информацию и применять её для пополнения знаний, решения интеллектуальных и экспериментальных исследовательских задач. В целом содержание учебного предмета «Химия» данного уровня изучения ориентировано на формирование у обучающихся мировоззренческой основы для понимания философских идей, таких как: материальное единство неорганического и органического мира, обусловленность свойств веществ их составом и строением, познаваемость природных явлений путём эксперимента и решения противоречий между новыми фактами и теоретическими предпосылками, осознание роли химии в решении экологических проблем, а также проблем сбережения энергетических ресурсов, сырья, создания новых технологий и материалов.

В плане решения задач воспитания, развития и социализации обучающихся принятые программой по химии подходы к определению содержания и построения предмета предусматривают формирование у обучающихся универсальных учебных действий, имеющих базовое значение для различных видов деятельности: решения проблем, поиска, анализа и обработки информации, необходимых для приобретения опыта практической и исследовательской деятельности, занимающей важное место в познании химии.

В практике преподавания химии как на уровне основного общего образования, так и на уровне среднего общего образования, при определении содержательной характеристики целей изучения предмета направлением первостепенной значимости традиционно признаётся формирование основ химической науки как области современного естествознания, практической деятельности человека и как одного из компонентов мировой культуры. С методической точки зрения такой подход к определению целей изучения предмета является вполне оправданным.

Согласно данной точке зрения главными целями изучения предмета «Химия» на уровне среднего общего образования на базовом уровне являются:



формирование системы химических знаний как важнейшей составляющей естественно-научной картины мира, в основе которой лежат ключевые понятия, фундаментальные законы и теории химии, освоение языка науки, усвоение и понимание сущности доступных обобщений мировоззренческого характера, ознакомление с историей их развития и становления;

формирование и развитие представлений о научных методах познания веществ и химических реакций, необходимых для приобретения умений ориентироваться в мире веществ и химических явлений, имеющих место в природе, в практической и повседневной жизни;

развитие умений и способов деятельности, связанных с наблюдением и объяснением химического эксперимента, соблюдением правил безопасного обращения с веществами.

Наряду с этим содержательная характеристика целей и задач изучения предмета в программе курса уточнена и скорректирована в соответствии с новыми приоритетами в системе общего среднего образования. Сегодня в преподавании химии в большей степени отдаётся предпочтение практической компоненте содержания обучения, ориентированной на подготовку выпускника школы, владеющего не набором знаний, а функциональной грамотностью, то есть способами и умениями активного получения знаний и применения их в реальной жизни для решения практических задач.

В этой связи при изучении предмета «Химия» доминирующее значение приобретают такие цели и задачи, как:

адаптация обучающихся к условиям динамично развивающегося мира, формирование интеллектуально развитой личности, готовой к самообразованию, сотрудничеству, самостоятельному принятию грамотных решений в конкретных жизненных ситуациях, связанных с веществами и их применением;

формирование у обучающихся ключевых навыков (ключевых компетенций), имеющих универсальное значение для различных видов деятельности: решения проблем, поиска, анализа и обработки информации, необходимых для приобретения опыта деятельности, которая занимает важное место в познании химии, а также для оценки с позиций экологической безопасности характера влияния веществ и химических процессов на организм человека и природную среду;

развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей обучающихся: способности самостоятельно приобретать новые знания по химии в соответствии с жизненными потребностями, использовать современные информационные технологии для поиска и анализа учебной и научно-популярной информации химического содержания;

формирование и развитие у обучающихся ассоциативного и логического мышления, наблюдательности, собранности, аккуратности, которые особенно необходимы, в частности, при планировании и проведении химического эксперимента;

воспитание у обучающихся убеждённости в гуманистической направленности химии, её важной роли в решении глобальных проблем рационального природопользования, пополнения энергетических ресурсов и сохранения природного равновесия, осознания необходимости бережного отношения к природе и своему здоровью, а также приобретения опыта использования полученных знаний для принятия грамотных решений в ситуациях, связанных с химическими явлениями.

В структуре программы курса наряду с пояснительной запиской выделены следующие разделы: планируемые предметные результаты освоения курса, содержание учебного курса и его тематическое планирование.



Планируемые результаты освоения курса

В результате изучения курса дополнительного образования «Физико-химические методы исследования в химии» выпускник научится:

- анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в химическом исследовании;
- устанавливать причинно-следственные связи между строением химических соединений и свойствами, позволяющими определять их состав и строение с помощью физико-химических методов исследования;
- основам современных физико-химических методов исследования структуры и свойств веществ и материалов, а также узнает возможности и ограничения применения физических методов исследования химических объектов;
- применять правила систематической международной номенклатуры как средства различения и идентификации веществ по их составу и строению;
- составлять молекулярные и структурные формулы органических веществ как носителей информации о строении вещества, его свойствах и принадлежности к определенному классу соединений;
- обрабатывать качественные и количественные результаты спектральных исследований для интерпретации результатов эксперимента, в том числе для направленного синтеза;
- планировать эксперименты в области химии;
- устанавливать состав и химическое строение органических соединений исходя из результатов нескольких экспериментов физико-химических методов исследования.

Содержание курса

Раздел 1. Предмет и задачи физико-химических методов анализа.

Обзор основных современных методов физико-химического анализа химических веществ. Общая характеристика методов. Классификация физико-химических методов. Возможности, ограничения и границы применимости методов.

Прямая и обратная задачи физико-химического анализа. Чувствительность методов и способы ее повышения. Критерии выбора метода. Погрешности физико-химического анализа. Приборное оснащение. Общие аспекты практической работы и пробоподготовки.

Раздел 2. Ядерный магнитный резонанс.

Спин, как квантовый угловой момент. Спиновые квантовые числа. Спины ядер. Магнитный момент ядра и его эволюция в магнитном поле. Гиромагнитное отношение. Ларморова частота. Способы измерения магнитного момента.

Ядерный магнитный резонанс. Химический сдвиг. Спин-спиновое взаимодействие. Константа экранирования ядра. Техническое устройство спектрометра ЯМР. Принципиальные составляющие спектрометра. Образец для ЯМР и способы его приготовления. Настройка спектрометра для проведения эксперимента. Оцифровка данных спектрометра. Порядок проведения простейших экспериментов ЯМР. Настройка однородности магнитного поля. Обработка полученных экспериментальных данных.

Установление химического строения органического вещества по спектру ЯМР.



ЯМР-Н1, ЯМР-С13. Влияние структурной и пространственной изомерии на спектр ЯМР. Подвижные атомы водорода в спектре ЯМР. Двумерные спектры ЯМР. Практические задачи ядерного магнитного резонанса.

Практическое занятие №1: «Установление химической структуры органического вещества по спектру ядерного магнитного резонанса».

Раздел 3. Рентгенодифракционные методы.

Природа рентгеновского излучения, методы его получения, природа характеристического излучения и «белого излучения» рентгеновской трубки. Поглощение рентгеновских лучей при прохождении через вещество. Регистрация рентгеновского излучения. Рентгеновские дифрактометры. Симметрия и сингонии кристаллов, пространственные группы. Дифракция рентгеновских лучей кристаллами, основные принципы и уравнения дифракции. Обратная решетка.

Структурный фактор, структурная амплитуда, электронная плотность кристалла. Основные понятия, смысл и взаимосвязь структурной амплитуды и электронной плотности. Фактор атомного рассеяния. Влияние температуры на дифракцию рентгеновских лучей кристаллами. Основные этапы рентгеноструктурного анализа монокристаллов. Подготовка образца, дифракционный эксперимент, расшифровка кристаллической структуры и фазовая проблема, уточнение структур методом наименьших квадратов. Оценка точности рентгеноструктурных данных. Разрешение, R-факторы и показатель добротности подгонки (goodness-of-fit). Программы определения геометрических характеристик и визуализации кристаллических структур. Кристаллографические банки данных: общий обзор. Кембриджский банк структурных данных (CCDC). Исследования распределения электронной плотности.

Порошковая дифракция. Рентгенофазовый анализ: преимущества, ограничения, цели и задачи. Сравнение с рентгеноструктурным анализом.

Практическое занятие №2: «Установление химической структуры органического вещества с помощью рентгеноструктурного анализа».

Раздел 4. Масс-спектрометрия.

Основы масс-спектрометрии. Основные узлы масс-спектрометра. Методы ионизации. Типы детекторов. Матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация: механизм. Влияние длины волны и мощности лазера на ионизацию.

Пробоподготовка: типы мишеней, способы нанесения образцов на мишень. Области применения МАЛДИ-МС: анализ пептидов, протеинов, белков и других биомолекул; анализ синтетических полимеров; применение в микробиологии и медицине. Концепция хромато-масс-спектрометрии: масс-спектрометр как высоко чувствительный детектор при хроматографическом разделении. Хроматограмма ионного тока. Отслеживание иона с заданным значением m/z . Жидкостная хроматография с масс-спектрометрическим детектором (ЖХ-МС): методы ионизации и используемые масс-анализаторы. Использование метода ЖХ-МС для количественного анализа. Метод внешнего и внутреннего стандарта. Применение ЖХ-МС: анализ фармацевтических субстанций, метаболитов, загрязнителей окружающей среды, мониторинг протекания реакций в органическом синтезе.

Практическое занятие № 3: «Установление молекулярной массы и химической структуры органического соединения с помощью метода масс-спектрометрии».



Раздел 5. УФ-спектроскопия.

Техника спектроскопии в видимой и УФ областях. Конструкция приборов (монохроматоры, спектрофотометры; однолучевые и двухлучевые приборы). Источники излучения, оптические материалы, детекторы. Используемые растворители. Способы изображения спектров. Спектры поглощения в видимой и УФ-областях как метод исследования электронных спектров многоатомных молекул.

Классификация и отнесение электронных переходов в органических молекулах. Специфика электронных спектров поглощения различных классов органических соединений. Спектры сопряженных систем и пространственные эффекты в электронных спектрах поглощения. Спектры ароматических соединений. Применение электронных спектров поглощения в качественном, структурном и количественном анализе. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Анализ смесей, определение состава комплексов, определения констант диссоциации кислот. Изучение равновесий, изобестические точки. Биологические и биохимические приложения УФ-видимой спектроскопии.

Раздел 6. ИК- и КР-спектроскопия. ВЭЖХ.

Инфракрасные (ИК) спектры и комбинационное рассеяние света. Квантово-механический подход к описанию колебательных спектров. Уровни энергии, их классификация, фундаментальные, обертоновые и составные частоты. Интенсивность полос колебательных спектров. Правила отбора и интенсивность в ИК поглощении и в спектрах КР. Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР). ИК-спектроскопия твердых тел. Спектры пропускания, диффузного рассеяния, нарушенного полного внутреннего отражения, испускания. ИК-Фурье-спектроскопия.

Высокоэффективная жидкостная хроматография. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия. Подвижная фаза (элюент) и неподвижная фаза. Сорбенты. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая ВЭЖХ. Матрицы для ВЭЖХ. Прививки неподвижной фазы.

Практическое занятие № 4: «Установление химической структуры органического соединения с помощью УФ-, ИК- и КР-спектроскопии».

Раздел 7. Комплексное применение физико-химических методов исследования для установления химической структуры органического соединения.

Практическое занятие № 5: «Установление химической структуры органического соединения с помощью доступных результатов физико-химических методов исследования».



Раздел / тема	Кол-во ак. часов
Раздел 1. Предмет и задачи физико-химических методов анализа	4
Тема 1.1. Обзор основных современных методов физико-химического анализа химических веществ. Общая характеристика методов	2
Тема 1.2. Общие аспекты практической работы и пробоподготовки	2
Раздел 2. Ядерный магнитный резонанс	12
Тема 2.1. Теоретические основы ядерного магнитного резонанса	2
Тема 2.2. Принцип работы метода ядерного магнитного резонанса. Устройство ЯМР-спектрометра. Спектры ЯМР	2
Тема 2.3. Установление химического строения органического вещества по спектру ЯМР	4
Тема 2.4. Практическое занятие по ЯМР	4
Раздел 3. Рентгенодифракционные методы	16
Тема 3.1. Теоретические основы рентгенодифракционных методов. РСА и РФА. Дифракция рентгеновского излучения на кристалле	2
Тема 3.2. Регистрация рентгеновского излучения. Рентгеновские дифрактометры. Обработка полученных данных	4
Тема 3.3. Основные этапы рентгеноструктурного анализа монокристаллов	4
Тема 3.4. Практическое занятие по РСА	6
Раздел 4. Масс-спектрометрия	12
Тема 4.1. Основы масс-спектрометрии. Методы ионизации. Типы детекторов. Матрично-активированная лазерная десорбция/ионизация: механизм	2
Тема 4.2. Области применения различных методов ионизации и типов детекторов. Ограничения метода.	2
Тема 4.3. Масс-спектры: вид, анализ, информационное наполнение	4
Тема 4.4. Практическое занятие по масс-спектрометрии	4
Раздел 5. УФ-спектроскопия	4
Тема 5.1. Техника спектроскопии в видимой и УФ областях. Конструкция. Источники излучения, оптические материалы, детекторы	2



Тема 5.2. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Анализ смесей, определение состава комплексов, определения констант диссоциации кислот.	2
--	---

**Тематическое планирование
учебного предмета**



Раздел 6. ИК- и КР-спектроскопия. ВЭЖХ	12
Тема 6.1. Инфракрасные (ИК) спектры. Квантово-механический подход к описанию колебательных спектров	4
Тема 6.2. Спектроскопия комбинационного рассеяния (КР)	2
Тема 6.3. Высокоэффективная жидкостная хроматография	2
Тема 6.4. Практическое занятие по УФ-, ИК- и КР-спектроскопии	4

Раздел 7. Комплексное применение физико-химических методов исследования для установления химической структуры органического соединения	6
Тема 7.1. Практическое занятие: «Установление химической структуры органического соединения с помощью доступных результатов физико-химических методов исследования»	6
Повторение и обобщение знаний	4
ВСЕГО	68