

**Программа Школы АПО по химии для 10-11 классов
2021-2022 учебный год**

Курс нацелен на подготовку учеников к муниципальному и региональному этапам Всероссийской олимпиады школьников по химии. Занятия начинаются с введения в аналитическую и общую химию, затем ученики знакомятся с основами физической химии. Большая часть курса посвящена глубокому погружению в органическую химию – основной раздел нашего предмета в 10-11 классе.

Номер занятия	Тема занятия	Описание занятия
Лекции		
1	Теоретические основы аналитической химии	Методы качественного и количественного анализа: от простого к сложному. Титриметрия. Безэталонные методы анализа: гравиметрия, кулонометрия.
2	Современные методы аналитической химии	Спектрофотометрия: закон Бугера-Ламберта-Бера. Атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектроскопия. Хроматография. Масс-спектрометрия.
3	Физико-химические основы аналитической химии	Способы выражения концентрации. Общая и равновесная концентрация. Закон материального баланса. Химическое равновесие. Константа равновесия. Водородный показатель pH. Расчёт pH растворов.
4	Титриметрический метод анализа	Теоретические основы титриметрии. Посуда для титрования. Техника выполнения анализа. Основные виды титрования: кислотно-основное, окислительно-восстановительное. Индикаторы. Кондуктометрическое титрование. Кривые титрования. Анализ кривых титрования.



5	Химическая термодинамика	Три начала термодинамики. Термодинамические функции состояния: внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса и Гельмгольца. Расчёт изменения энергии Гиббса для реакции по справочным данным.
6	Термодинамическое описание химического равновесия	Константа равновесия реакции и её связь с энергией Гиббса. Энергетический профиль реакции. Влияние температуры на возможность самопроизвольного протекания реакций.
7	Химическая кинетика	Закон действующих масс. Элементарные реакции. Порядок реакции. Особенности реакций первого порядка. Период полупревращения. Обратимая реакция. Связь константы равновесия со скоростями прямой и обратной реакции. Уравнение Аррениуса: энергия активации, предэкспоненциальный множитель.
8	Химическая кинетика в описании сложных реакций	Последовательные реакции. Лимитирующая стадия. Радикальные реакции. Принцип квазистационарности и квазиравновесия. Катализ. Кислотный и основной катализ. Ферментативный катализ: уравнение Михаэлиса-Ментен.
9	Основные классы органических соединений	Углерод как основа жизни. Особенности химии углерода. Сравнительная характеристика предельных и непредельных углеводородов. Функциональные группы. Электронные эффекты: индуктивный и мезомерный. Номенклатура органических соединений по IUPAC.
10	Геометрическая изомерия и стереоизомерия	Геометрическая изомерия. Z-, E-номенклатура. Хиральный атом углерода. L-, D-конфигурации. Проекция Фишера. R-, S-номенклатура. Определение старшинства заместителей. Энантиомеры и диастереомеры. Особенности геометрического строения алленов.





11	Механизм реакции	Основные типы реакций в органической химии. Понятие о механизме реакции как о последовательном смещении электронной плотности. Радикальные реакции. Понятия нуклеофила и электрофила. Катализ: кислотный и основной. Кислоты и основания Льюиса.
12	Реакции нуклеофильного замещения	Понятие о карбкатионе. Мономолекулярное и бимолекулярное нуклеофильное замещение. Конкуренция с реакцией элиминирования. Нуклеофильность и основность. Влияние на ход реакции. Уходящие группы: «хорошие» и «плохие».
13	Карбонильные соединения	СН-кислотность. Кето-енольная таутомерия: причины и следствия. Енолят-ион, или как поймать енол. Примеры сильных оснований. Реакции конденсации карбонильных соединений. Кислотный и основной катализ.
14	Особенности химии карбонильных соединений	Понятие о карбанионе. Кислотность алканов. Нуклеофильное присоединение к связи C=O. Наиболее часто используемые нуклеофилы. Химия α , β -непредельных карбонильных соединений.
15	Карбоновые кислоты и их производные. Аминокислоты	Связь между различными классами производных карбоновых кислот. Сложные эфиры: механизмы образования и гидролиза. Дикарбоновые кислоты. Аминокислоты как амфотерные органические вещества. Пептиды.
16	Процессы окисления-восстановления в органической химии	Окисление и восстановление в органической химии. Наиболее часто используемые окислители и восстановители.
17	Циклоалканы	Особенности строения циклов C3-C5. Конформации циклогексана. Проекция Ньюмана для циклогексана. Получение и свойства циклоалканов.





18	Ароматические углеводороды	Критерии ароматичности. Электрофильное замещение. Ориентанты I и II рода. Диязосоединения. Получение. Способы замещения диазогруппы.
19	Амины	Амины как производные аммиака. Алифатические и ароматические амины. Изменение основности в зависимости от органического заместителя. Гидроксиламин. Получение и свойства оксимов. Секстетные перегруппировки: примеры и механизм реакций.
20	Гетероциклические соединения	Пятичленные ароматические гетероциклы. Пиррол. Фуран. Тиофен. Сравнительная характеристика. Азотсодержащие гетероциклы.
21	Анализ органических соединений	ИК-спектроскопия. ЯМР-спектроскопия. Масс-спектрометрия. ВЭЖХ для разделения и выделения органических веществ из смесей.
22	Металлоорганические соединения переходных металлов	Карбонильные комплексы. Правило 18-ти электронов. Реакции замещения лигандов в координационной сфере. Комплексы с алкенами и алкинами. Циклопентадиенильные комплексы.
23	Металлокомплексный катализ	Полимеризация алкенов. Механизмы полимеризации: радикальный и ионный. Катализаторы Циглера-Натта: особенности получаемых полимеров. Катализатор Уилкинсона: реакция гидрирования. Метатезис алкенов. Катализаторы Граббса-Шрока. Реакции кросс-сочетания.
24	Углеводы	Моносахариды. Циклическая форма углеводов. Способы изображения углеводов: проекция Фишера, проекция Хеуорса. Аномерный атом углерода. Олигосахариды. Полисахариды в природе: крахмал, целлюлоза.
25	Строение белков	Аминокислоты, пептиды, белки. Конформации белков. Функции белков. Синтез белков в организме.





26	Ферментативные реакции	Ферменты и кофакторы. Классы ферментов. Механизм некоторых ферментативных реакций.
Семинары		
1	Методы аналитической химии	Качественные реакции на катионы и анионы. Методы разделения и маскирования ионов для качественного анализа. Практические задачи.
2	Спектрофотометрия. Масс-спектрометрия	Формула Планка-Эйнштейна и связь единиц измерения энергии. Расчет концентрации исследуемого вещества по закону Бугера-Ламберта-Бера. Расшифровка масс-спектров неорганических соединений. Соотношение интенсивностей пиков. Особенности пиков в масс-спектрах, обусловленных изотопами элементов (на примере хлора и брома).
3	Кислотность растворов	Закон материального баланса. Мольные доли различных форм в растворе. Расчет pH растворов кислот и оснований (сильных и слабых), буферных растворов. Вывод уравнений, используемых при расчетах.
4	Титриметрический анализ	Расчет концентраций. Титрование. Построение кривой титрования. Выбор индикаторов.
5	Термодинамические функции	Тепловой эффект и изменение энтальпии в химической реакции. Изменение термодинамических функций при фазовом переходе и химическом превращении. Фазовая диаграмма однокомпонентной и двухкомпонентной систем.
6	Термодинамическое равновесие	Влияние температуры на константу равновесия. Расчет равновесных концентраций веществ. Степень протекания обратимой реакции. Константа равновесия для гетерогенного процесса.





7	Химическая кинетика	Определение порядка реакции, метод Вант-Гоффа. Расчет энергии активации реакции из экспериментальных данных. Связь уравнения Аррениуса и правила Вант-Гоффа. Кинетически и термодинамически выгодные продукты в параллельных реакциях.
8	Приближения химической кинетики	Различие квазистационарного и квазиравновесного приближения для описания кинетики сложной реакции. Вывод кинетического уравнения реакции по предложенному механизму с учетом квазистационарного приближения.
9	Основные классы органических соединений	Химические свойства алканов, алкенов и алкинов. Особенности электронного строения диенов. 1,2- и 1,4-присоединение к системе сопряжённых двойных связей. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Номенклатура органических соединений по IUPAC.
10	Геометрическая изомерия и стереоизомерия	Геометрическая изомерия. Переход от цис-, транс-номенклатуры к Z-, E-номенклатуре. Оптическая изомерия. Определение старшинства заместителей, конфигурации хирального атома углерода (в терминах R-, S-номенклатуры). Син- и анти-присоединение к двойной связи.
11	Описание механизмов органических реакций	Простейшие механизмы реакций. Реакции электрофильного присоединения к двойной связи: гидратация, галогенирование, присоединение галогенводородов. Гидролиз эпоксидов. Реакции циклоприсоединения.
12	Конкуренция реакций нуклеофильного замещения и элиминирования	Механизм реакции алкилгалогенидов с нуклеофилами в зависимости от типа алкилгалогенида (первичный, вторичный, третичный), растворителя, основности нуклеофила и его нуклеофильности. Конкуренция нуклеофильного замещения и элиминирования.





13	Реакции конденсации карбонильных соединений	Кето-енольная таутомерия. Изображение таутомерных форм. Механизмы реакций конденсации. Орбитальный и зарядовый контроль в реакциях конденсации.
14	Взаимодействие карбонильных соединений с различными нуклеофилами	Нуклеофильное присоединение по связи C=O. Ацетали и кетали. Свойства α , β -ненасыщенных карбонильных соединений. Реакции с различными нуклеофилами и восстановителями.
15	Производные карбоновых кислот. Аминокислоты	Получение производных карбоновых кислот: сложных эфиров, амидов, нитрилов, ангидридов, галогенангидридов. Механизмы реакций. Восстановление карбоновых кислот и их производных. Синтезы с малоновым и ацетоуксусным эфиром. Кетены: получение и свойства. Химические свойства аминокислот. Пептидная связь. Изоэлектрическая точка.
16	Реакции окисления и восстановления органических соединений	Окисление и восстановление π -связей. Восстановление алкинов до цис- и транс-алкенов. Условия гидрирования. Взаимопревращения спиртов, карбонильных соединений и карбоновых кислот. Используемые окислители и восстановители.
17	Геометрия циклоалканов и их химические свойства	Способы получения циклоалканов. Строение и свойства циклоалканов. Аксиальное и экваториальное положения. Реакции элиминирования. Конформационный якорь.
18	Химические свойства аренов. Ароматические соли диазония	Реакции окисления производных бензола. Уравнивание реакций методом электронного баланса. Реакции электрофильного замещения в бензоле и нафталине. Получение солей фенилдиазония и их превращения. Реакции азосочетания. Диазокрасители.





19	Химические свойства аминов	Алифатические и ароматические амины: способы получения и химические свойства. Нитрозирование. Получение иминов. Восстановительное аминирование. Окисление аминогрупп. Образование N-окисей. Защитные группы для аминов.
20	Гетероциклические соединения	Реакции электрофильного замещения в пятичленных гетероциклах. Пиридин и индол: синтез и химические свойства. Азотистые основания. Предельные гетероциклические соединения.
21	ЯМР-спектроскопия и масс-спектрометрия в анализе органических веществ	Расшифровка спектров ЯМР атомов водорода. Соотнесение сигналов. Расшифровка масс-спектров органических соединений.
22	Металлоорганические комплексы	Типы лигандов в металлоорганических комплексах. Лабильность и инертность комплексных соединений. Вывод формул карбониллов d-металлов. Изображение структурных формул комплексных частиц.
23	Металлокомплексный катализ	Роль металлокомплексных катализаторов в современной органической химии. Реакции кросс-сочетания. Катализаторы ионной полимеризации. Изо- и атактические полимеры.
24	Химические свойства углеводов	Изображение углеводов в проекции Фишера. Изображение циклической формы углеводов в проекции Хеуорса. Переход между проекциями. Альдозы и кетозы: различия и сходства химических свойств. Селективное ацилирование гидроксильных групп глюкозы.
25	Пептиды	Установление последовательности аминокислот в пептидах. Методы синтеза аминокислот. Синтез пептидов <i>in vitro</i> .





26	Ферментативный катализ	Представление о схемах метаболизма. Применение схемы Михаэлиса-Ментен к реакции, катализируемой ферментами. Определение константы Михаэлиса из экспериментальных данных.
Факультативы		
1	Химия внутри нас	Рассмотрим основные химические процессы внутри живых организмов. Узнаем, как мы дышим, питаемся и движемся на молекулярном уровне.
2	Водородная энергетика и её перспектива для современной жизни	В рамках факультатива рассмотрим самый многообещающий и одновременно экологичный вид энергии – водородную энергетику.
3	Зарождение жизни с точки зрения химии	Как и из каких химических веществ появились живые организмы и как они изменяли свой химический состав со временем? Обсудим на факультативе.
4	Современные методы аналитической химии	На занятии поговорим о том, как в настоящее время химики исследуют окружающий мир (спойлер: не так, как нас учили в школе!).
5	Фармацевтическая химия	Из чего состоят лекарства и как они воздействуют на нас? Подробно разберём эти вопросы в рамках факультативного занятия.
6	Приставки «квантовый» и «нано» в мире химии	Что это значит и почему это важно? Узнаем на факультативе!

