

**ПРОГРАММА**  
**Элективного курса**  
**«Исследовательский практикум по физической химии»**  
**10-11 классы**  
**32 часа**

**Москва, 2021**

## 1. Планируемые результаты освоения учебного курса

### Личностные:

- ✓ знание основных принципов и правил здоровьесберегающих технологий;
- ✓ реализация установок здорового образа жизни;
- ✓ осознанный выбор будущей профессии как путь и способ реализации собственных жизненных планов;
- ✓ применение физико-химических знаний для организации и планирования собственного здорового образа жизни и деятельности, благополучия своей семьи и благоприятной среды обитания человечества
- ✓ формирование всесторонне образованной, инициативной и успешной личности, обладающей системой современных мировоззренческих взглядов, ценностных ориентаций, идейно-нравственных, культурных, гуманистических и эстетических принципов и норм поведения.

### Метапредметные:

- ✓ самостоятельно определять цели, задавать параметры и критерии, по которым можно определить, что цель достигнута;
- ✓ ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях;
- ✓ искать и находить обобщенные способы решения задач, в том числе осуществлять развернутый информационный поиск и ставить на его основе новые (учебные и познавательные) задачи;
- ✓ использовать различные модельно-схематические средства для представления существенных связей и отношений, а также противоречий, выявленных в информационных источниках;
- ✓ выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможностей для широкого переноса средств и способов действия;
- ✓ при осуществлении групповой работы быть как руководителем, так и членом команды в разных ролях;
- ✓ координировать и выполнять работу в условиях реального, виртуального и комбинированного взаимодействия.

### Предметные:

#### Учащийся научится:

- ✓ раскрывать на примерах роль физической химии в формировании современной научной картины мира и в практической деятельности человека, взаимосвязь между химией и другими естественными науками;
- ✓ устанавливать зависимость скорости химической реакции и смещения химического равновесия от различных факторов с целью определения оптимальных условий протекания химических процессов;
- ✓ прогнозировать возможность и предел протекания химических процессов на основе термодинамических характеристик веществ;
- ✓ критически оценивать и интерпретировать данные, касающиеся химии, в сообщениях средств массовой информации, ресурсах Интернета, научно-популярных статьях с точки зрения естественно-научной корректности;
- ✓ устанавливать взаимосвязи между фактами и теорией, причиной и следствием при анализе проблемных ситуаций и обосновании принимаемых решений на основе химических знаний.

#### Учащийся получит возможность научиться:

- ✓ формулировать цель исследования, выдвигать и проверять экспериментально гипотезы о состоянии равновесия химических систем, энергетических эффектах процессов на основе термодинамических расчетов, о свойствах поверхности различных тел;
- ✓ самостоятельно планировать и проводить физико-химические эксперименты с соблюдением правил безопасной работы с веществами и лабораторным оборудованием;
- ✓ интерпретировать данные о тепловом эффекте, скорости реакции и влиянии на нее различных факторов, о состоянии равновесия, поверхностном натяжении, адсорбции, полученные в результате проведения физико-химического эксперимента;
- ✓ прогнозировать возможность протекания различных химических реакций в природе и на производстве.

## 2. Содержание учебного курса

### Введение (1 час)

Предмет, разделы, исторические этапы развития физической химии. Значение физической химии. Связь физической химии с другими дисциплинами.

### Тема 1. Химическая термодинамика (11 часов)

Основные понятия химической термодинамики: система (открытая, закрытая, изолированная), состояние системы, внутренняя энергия системы, термодинамические переменные (параметры). Экстенсивные и интенсивные переменные. Термодинамические функции. Функции состояния и функции процесса. Термодинамический процесс. Постулат о существовании температуры (нулевое начало термодинамики). Температурные шкалы. Уравнения состояния. Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клапейрона-Менделеева). Законы идеальных газов: закон Дальтона и закон Амага. Реальные газы. Фугитивность и коэффициент фугитивности. Уравнение состояния реального газа (на примере уравнения Ван-дер-Ваальса).

Первое начало термодинамики, его формулировки и аналитическое выражение (в интегральной форме). Взаимные превращения теплоты и работы (на примере работы расширения) в различных процессах (на примерах изохорного, изобарного и изотермического процессов с участием идеальных газов). Энтальпия. Теплоемкость веществ (на примере молярной изобарной теплоемкости), ее определение. Зависимость молярной изобарной теплоемкости от температуры.

Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса и его следствия. Термохимия. Стандартные состояния вещества. Энтальпии и теплоты образования. Энтальпии и теплоты сгорания. Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры. Закон Кирхгофа.

Второе начало термодинамики. Энтропия как функция состояния. Расчет изменения энтропии для различных процессов. Изменение энтропии как критерий самопроизвольности процесса в изолированной системе. Статистический характер второго начала термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность.

Энергия Гиббса и энергия Гельмгольца. Характеристические функции. Расчет изменения энергии Гиббса для различных процессов. Изменение энергии Гиббса как критерий самопроизвольности процесса в закрытой системе. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.

Связь изменения энергии Гиббса в ходе химической реакции с константой равновесия. Уравнение изотермы Вант-Гоффа. Уравнение изотермы химической реакции и направление протекания обратимой химической реакции.

Константа равновесия и разные способы выражения состава реакционной смеси (выражения для константы химической реакции, записанные через концентрации, парциальные давления и мольные доли и их взаимосвязь).

Принцип смещения химического равновесия (принцип Ле Шателье-Брауна). Влияние давления (уравнение Планка-Ван Лаара), объема системы, концентрации участников реакции (через анализ уравнения изотермы Вант-Гоффа) и инертного газа на равновесие химической реакции. Зависимость константы равновесия от температуры (уравнение изобары Вант-Гоффа). Гетерогенные равновесия.

Практическая работа № 1. Определение энтальпии реакции нейтрализации сильного основания сильной кислотой калориметрическим методом.

Практическая работа № 2. Определение энтальпии растворения соли в воде калориметрическим методом.

Практическая работа № 3. Изучение влияния концентраций компонентов и добавок посторонних веществ на положение химического равновесия.

Практическая работа № 4. Изучение химического равновесия гомогенной реакции.

## **Тема 2. Кинетика химических реакций и катализ (9 часов)**

Основные понятия химической кинетики: скорость химической реакции, гомогенные и гетерогенные химические реакции, выражение для скорости химической реакции для этих типов реакций, скорость образования продукта и скорость расходования продукта, кинетические кривые; элементарные реакции, простые реакции, сложные реакции (обратимые, последовательные, параллельные); механизм реакции, элементарная стадия механизма, энергия активации, скорость лимитирующая стадия механизма, молекулярность реакции.

Формальная кинетика элементарных и формально простых гомогенных односторонних реакций в закрытых системах. Зависимость скорости реакции от концентрации реагентов (закон действующих масс или закон Гульдберга-Вааге). Константа скорости химической реакции, ее размерности. Порядок реакции по веществу, общий (суммарный) порядок реакции. Аналитические выражения для зависимости концентрации исходного вещества от времени для элементарных и формально простых реакций первого, второго и третьего порядков в закрытых системах. Время полупревращения. Способы определения порядка реакции и константы скорости реакции для элементарных и формально простых реакций в закрытых системах: метод избыточных концентраций, метод начальных скоростей, метод Оствальда (по периоду полупревращения), метод Вант-Гоффа (метод логарифмирования).

Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа. Температурный коэффициент Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса. Предэкспоненциальный множитель и его физический смысл, энергия активации. Определение предэкспоненциального множителя и энергии активации по уравнению Аррениуса графическим и аналитическим методом.

Теоретические представления химической кинетики. Теория активных столкновений. Теория активированного комплекса или переходного состояния.

Цепные реакции. Основные понятия кинетики цепных реакций: активная частица, неактивная молекула, свободные радикалы. Механизм цепных реакций, его стадии:

зарождение цепи, развитие цепи, обрыв цепи (на примере фотохимического хлорирования метана или фотохимического получения хлороводорода из простых веществ). Длина цепи.

Катализ и катализаторы. Основные понятия катализа: катализ, катализатор, гомогенный и гетерогенный катализ, ферментативный катализ, металлокомплексный катализ. Причины каталитического действия (влияния катализатора на энергию активации и механизм реакции (слитный и отдельные механизмы катализа). Активность и селективность катализатора. Ингибиторы.

Гомогенный кислотно-основный катализ: общий кислотный, специфический кислотный, общий основной и специфический основной виды катализа. Механизмы каталитических реакций, протекающих в условиях специфического кислотного и специфического основного катализа (на примере реакций этерификации и альдолно-кетоновой конденсации, соответственно).

Гетерогенный катализ. Механизм гетерогенного катализа на примере реакции восстановления этилена водородом на никелевом катализаторе. Каталитические яды.

Практическая работа № 5. Изучение зависимости скорости химической реакции от концентрации реагентов с использованием цифровой лаборатории по химии.

Практическая работа № 6. Изучение зависимости скорости химической реакции от температуры с использованием цифровой лаборатории по химии.

Практическая работа № 7. Изучение активности катализаторов на протекание химической реакции.

Практическая работа № 8. Изучение кинетики каталитического разложения пероксида водорода.

### **Тема 3. Электрохимия (11 часов)**

Основные понятия и соотношения термодинамической теории растворов электролитов: сильные и слабые электролиты, степень диссоциации, ионная сила раствора. Основные положения теории электролитической диссоциации Аррениуса. Константа диссоциации слабых электролитов. Закон разведения Оствальда.

Основные положения электростатической теории растворов сильных электролитов Дебая-Хюккеля. Предельный закон Дебая-Хюккеля как метод вычисления среднего коэффициента активности.

Электрическая проводимость растворов электролитов. Удельная и молярная электрические проводимости. Абсолютная скорость движения иона. Подвижность иона. Закон Кольрауша. Зависимость электрической проводимости растворов сильных (закон квадратного корня) и слабых электролитов от концентрации электролита. Кондуктометрия.

Термодинамика электрохимических процессов. Электродвижущие силы и электродные потенциалы. Электроды, их типы. Электродные процессы. Гальванический элемент. Электрохимические цепи, правила их записи. Обратимые электрохимические цепи. Электродвижущая сила гальванического элемента (ЭДС). Формула Нернста для ЭДС и электродных потенциалов. Стандартные электродные потенциалы некоторых электродов в водных растворах. Электроды сравнения. Потенциометрия. Потенциометрическое измерение pH-раствора, pH-метр.

Электролиз. Законы Фарадея.

Практическая работа № 9. Изучение проводимости растворов сильных и слабых электролитов.

Практическая работа № 10. Кондуктометрическое титрование раствора сильного основания раствором сильной кислоты.

### 3. Тематическое планирование

№	Темы	Часы	Практические работы
1.	Введение	1	0
2.	Тема 1. Химическая термодинамика	11	4
3.	Тема 2. Кинетика химических реакций и катализ	9	4
4.	Тема 3. Электрохимия	11	2
<b>Итого часов</b>		<b>32</b>	<b>10</b>