



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

**ИНСТИТУТ СТРАТЕГИИ  
РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ**

**Методические рекомендации к виртуальным лабораторным и  
практическим работам**

**(среднее общее образование, углубленный уровень)**

**ХИМИЯ**

**Москва 2022**

В пособии представлены основные подходы к организации практической познавательной деятельности учащихся с применением виртуальных лабораторных работ по химии. В пособии предложены варианты оформления лабораторно-практических работ и темы для обсуждения на каждом этапе их выполнения. Даны методические рекомендации для использования виртуального эксперимента, как на уроках химии, так и во внеурочное время.

Пособие адресовано учителям химии, реализующим программы с углубленным изучением предмета.

## Оглавление

<b>Введение</b>	5
<b>I. Организация познавательной деятельности учащихся в виртуальной обучающей среде</b>	7
1. Преимущества работы в виртуальной лаборатории	7
2. Цели применения виртуальных лабораторно-практических работ в учебном процессе	8
<b>II. Возможности использования виртуального химического эксперимента в процессе обучения</b>	10
1. Формирование экспериментальных умений в виртуальной среде наряду с выполнением реальных лабораторных работ	10
2. Проведение ВЛПР предваряет проведение реального эксперимента	13
3. Виртуальные лабораторные работы как отправная точка для расширения и совершенствования знаний	14
4. Варианты выполнения виртуального эксперимента в процессе обучения	14
5. Формы выполнения виртуального эксперимента	16
<b>III. Методика применения виртуальных лабораторно-практических работ</b>	17
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. Изучение свойств этилена	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. Изучение свойств одноосновных карбоновых кислот	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. Изучение ароматических карбоновых кислот	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. Сравнение свойств аммиака и аминов жирного ряда	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. Изучение свойств аминокислот	31
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. Исследование свойств коллоидных растворов	33
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. Экспериментальное определение теплового эффекта образования кристаллогидратов из безводных солей	36
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. Изучение влияния температуры на скорость химической реакции	38
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. Определение теплового эффекта реакции нейтрализации	41
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10. Влияние различных факторов на гидролиз солей	45
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11. Изучение окислительно-восстановительных реакций	48
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12. Изучение свойств простых веществ и соединений, образованных p-элементами	51
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13. Изучение свойств простых веществ и соединений, образованных d-элементами	53
Заключение	57
Список литературы	58

## ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемые интерактивные виртуальные лабораторно-практические работы (ВЛПР) – это современная обучающая среда, которая с применением средств компьютерной интерактивной визуализации позволяет учащимся моделировать реальный эксперимент, проводить виртуальные исследования для лучшего понимания и закрепления материала по пройденной теме. Это образовательная среда, нацеленная на обеспечение развития умений обучающегося самостоятельно формировать новые знания, формулировать идеи, понятия, гипотезы об объектах и явлениях, в том числе ранее не известных, осознавать дефициты собственных знаний и компетентностей, планировать свое развитие [1].

Лабораторный практикум – самый интересный и привлекательный для учащихся компонент курса химии, а реальный эксперимент в условиях школьной лаборатории — основной метод познания химии. Выполнение лабораторных работ по химии формирует у школьников устойчивый интерес к предмету, позитивное отношение к естественным наукам в целом.

Проведение лабораторного практикума по химии решает следующие задачи:

- обобщение и систематизация теоретических знаний учащихся о составе, строении и свойствах веществ различной природы;
- знакомство с физическими, химическими и физико-химическими методами исследования и получение опыта практической деятельности по применению этих методов с учетом строгого соблюдения техники безопасности при работе в химической лаборатории;
- получение навыков проведения химического эксперимента с применением разнообразного лабораторного оборудования и реактивов;
- развитие познавательных интересов и интеллектуальных способностей в процессе проведения химического эксперимента;
- получение навыков исследовательской работы, предполагающей выявление причинно-следственных связей между наблюдениями и протекающими процессами, описание процессов с помощью уравнений химических реакций, вычисление физических величин, формулирование выводов по результатам эксперимента;
- развитие навыков получения информации из различных источников, в том числе с использованием информационно-коммуникационных технологий;
- развитие коммуникативных навыков;
- применение полученных знаний и умений для безопасного использования веществ в повседневной жизни.

Обучение школьников методам самостоятельного получения новых знаний, методам научного познания – это центральные элементы современного естественнонаучного

образования. Важность этого направления в образовании закреплена в Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования (ФГОС ООО). Одной из форм представления химического эксперимента является виртуальный опыт, который может дополнять реальный химический практикум или быть основной формой практической деятельности учащихся.

Согласно ГОСТу Р 57721-2017 виртуальным называется эксперимент, основанный на технологиях мультимедиа, эмуляции, виртуализации и виртуальной реальности, способный полностью или частично заменить аналогичный традиционный натуральный эксперимент [2]. Очевиден вопрос о месте виртуального эксперимента в изучении химии. Однозначно следует сказать, что виртуальный эксперимент не может стать адекватной заменой реальному эксперименту. Однако, с учетом современных тенденций к использованию компьютерных программ для обучения школьников, введение в систему школьного образования технологий дополненной и виртуальной реальности при наличии технической оснащенности практически неизбежно. Закономерно возникают вопросы правильного использования компьютерных технологий для повышения педагогической эффективности преподавания химии. Как правильно сочетать реальный и виртуальный эксперимент? Как следует оформлять лабораторные работы? Как оптимально распределить аудиторное и внеурочное время для реализации всех видов деятельности учащихся? Ответам на эти и некоторые другие вопросы посвящены данные методические рекомендации.

Хочется отметить, что на уровне среднего образования результаты применения компьютерных технологий пока трудно определить. Однако в случае отсутствия в школе качественной химической лаборатории, проведение виртуальных лабораторных работ может стать хорошим подспорьем для учителя химии, наряду с просмотром учебных видеороликов.

## **I. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ В ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЕ**

### **1. Преимущества работы в виртуальной лаборатории**

В педагогической литературе можно найти данные о методике сочетания традиционных методов обучения и методов с использованием информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) [3]. К преимуществам работы в виртуальных лабораториях можно отнести следующие:

1. Возможность проведения лабораторных работ с реактивами и оборудованием, недоступными в рамках школьной лаборатории.

2. Возможность организации работы, как в очном формате, так и во внеурочное время. Например, самостоятельная работа учащихся дома при подготовке к урокам.
3. Возможность многократного повторения опытов.
4. Безопасность проведения экспериментов даже в случае использования токсичных реактивов.

Представленные виртуальные лабораторно-практические работы призваны решать следующие задачи обучения:

- систематизация и обобщение теоретических знаний по теме;
- выявление причинно-следственных связей на разных этапах выполнения работы: проведение виртуальных опытов и расчетов к лабораторной работе, формулировка выводов на основании наблюдений и рассчитанных величин,
- проверка уровня сформированности знаний и умений обучающихся. Помимо проведения серии виртуальных опытов по теме учащимся предлагают выполнить задания для самоконтроля, что позволяет выявить уровень знаний по изучаемой теме.

Безусловно, виртуальная модель существенно проще ее реального прообраза, который богаче по своим свойствам и их проявлениям. Для большинства учащихся выполнение реального эксперимента является предпочтительным несмотря на то, что принимать решения в виртуальной лаборатории существенно проще и менее ответственно. Следовательно, виртуальный эксперимент в отсутствие реального можно рассматривать как единственно возможный только в случае отсутствия материальной базы для выполнения реальных лабораторных работ или для моделирования исследовательской работы.

## **2. Цели применения виртуальных лабораторно-практических работ в учебном процессе**

Предлагаемые ВЛПР нацелены на создание условий для развития экспериментальных умений школьников. ВЛПР содержат задания, побуждающие ученика к анализу собственных знаний, связанных со способами познания окружающего мира, с их субъектным опытом в повседневной жизни [5].

Исследовательский эксперимент в обучении химии – важнейший элемент содержания, позволяющий учащимся приобретать опыт по планированию, организации и проведению экспериментальной работы. В процессе выполнения химического эксперимента вырабатывается умение наблюдать за протеканием процесса, правильно фиксировать наблюдения, делать выводы на их основании, составлять отчет о проделанной работе. При этом важно использовать правильную терминологию в описании эксперимента и формулировании выводов. Задача учителя – познакомить учащихся с химической терминологией,

привить культуру оформления лабораторных работ в виде отчета с четкими требованиями к его содержанию. Полученные навыки помогут учащимся в их будущей практической деятельности.

Приобретенный личный опыт конструирования установок, например, при изучении способов получения этилена и проверки его химических свойств в виртуальной среде, может быть применен учащимся для решения поставленной задачи в реальных условиях. После выполнения виртуальных опытов учащиеся увереннее выполняют аналогичные действия в реальных условиях [4]. Развитие экспериментальных умений вырабатывают способность и готовность использовать теоретические знания на практике.

Еще одна цель ВЛПР – актуализация и закрепление теоретических знаний учащихся, необходимых для успешного выполнения всех заданий, сопровождающих экспериментальную часть. Это – тестовые задания разного уровня сложности, составление уравнений реакций к эксперименту, вычислительные задачи и др. При решении практических заданий теоретические знания закрепляются, углубляются и становятся более осознанными.

Предлагаемые учащимся лабораторно-практические работы нередко выходят за рамки школьного учебника, например, работы, посвященные изучению свойств коллоидных растворов, или работа с применением калориметрических методов исследования. В этом случае в качестве подготовки к лабораторной работе необходимо привлечение различных источников информации (справочники, химическая литература, Интернет-ресурсы). Работа с большими данными способствует развитию у учащихся умения точного выбора нужной информации, ее анализа и интерпретации для выполнения конкретной задачи. Задача учителя – дать представление о работе с учебной и научной литературой, способствовать навыкам осмысления и обсуждения прочитанного, исключая бессмысленную работу в формате «копировать – вставить».

## **II. ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

Учебный химический эксперимент занимает ведущее место в обучении химии. Наличие химического эксперимента отличает процесс преподавания химии от процесса обучения другим учебным дисциплинам естественнонаучного цикла. Без эксперимента невозможно себе представить полноценное системное химическое образование, формирующее представление об устройстве окружающего мира, развивающее познавательные и творческие способности учащихся и вырабатывающее ответственное отношение к проблемам окружающей среды.

Виртуальные лаборатории позволяют моделировать химический эксперимент, который по каким-либо причинам невозможно реализовать в школьной химической лаборатории (дороговизны реактивов, опасности, временных ограничений). Компьютерные модели позволяют получать в динамике наглядные запоминающиеся иллюстрации сложных или опасных химических опытов, воспроизвести их тонкие детали, которые могут ускользнуть при проведении реального эксперимента. Важным достоинством виртуального учебного эксперимента является возможность его многократного повторения, что приводит к лучшему усвоению изучаемого материала. При этом наблюдения показывают, что методически правильно организованная работа школьников в виртуальной лаборатории способствует более глубокому формированию экспериментальных умений и навыков, чем аналогичный демонстрационный эксперимент [6].

В плане использования предлагаемых ВЛПР в учебном процессе можно рассмотреть несколько вариантов.

### **1. Формирование экспериментальных умений в виртуальной среде наряду с выполнением реальных лабораторных работ**

Такое параллельное проведение реальных и виртуальных лабораторных работ рекомендуется, прежде всего, при изучении нового учебного материала, активизируя деятельность учащихся, нацеленную на получение новых знаний и формирование экспериментальных умений.

Речь идет о лабораторных работах, которые не требуют сложного оборудования для выполнения в реальных условиях. Например, получение этилена и изучение его свойств – работа, несложная для выполнения. Однако, при получении этилена из этилового спирта предполагается использование концентрированной серной кислоты, поэтому зачастую опыт показывает учитель, обращая внимание учащихся на особенности сборки установки для синтеза этилена и технические моменты при выполнении качественных реакций на непредельные углеводороды. При выполнении виртуальной лабораторной работы учащийся может самостоятельно пройти всю работу и закрепить знания, полученные на уроке.

Лабораторная работа по теме «Гидролиз солей» также не требует сложного оборудования и может быть выполнена учащимися на уроке. А вот расчетное задание, которое представлено в ВЛПР 10 «Влияние различных факторов на гидролиз солей», позволит подтвердить теоретические утверждения о зависимости степени гидролиза от концентрации соли рассчитанными значениями. Умение производить расчеты по экспериментальным данным и делать выводы на их основании – важное умение для развития аналитических и исследовательских способностей учащихся. При ответе на контрольные вопросы к ВЛПР



есть возможность проверить уровень знаний учащегося по теме. Знание приобретает свою значимость в том случае, если оно вызывает рефлексию.

Важно учесть, что получение ожидаемых педагогических результатов в рамках реализации модели параллельного проведения реального и виртуального экспериментов требует выполнения следующих дидактических условий:

- единые требования к описанию наблюдений реального и виртуального экспериментов;
- изучение процессов, иллюстрирующих определенную учебную тему с опорой на теоретическую базу по теме;
- системное использование реальных и виртуальных экспериментов, позволяющих выявить и осмыслить сущность изучаемого химического явления;
- комплексное выполнение реальных и виртуальных опытов, в ходе которых учащиеся самостоятельно анализируют изучаемые процессы, постепенно продвигаясь от работы по инструкции к исследовательской форме выполнения эксперимента.

При проведении химического практикума велика роль учителя, в задачи которого входят:

- знакомство учащихся с основными правилами техники безопасности при работе в химической лаборатории;
- знакомство с посудой и оборудованием, с их правильными названиями и правильным применением в лабораторных исследованиях;
- приучение учащихся к культуре выполнения исследовательской работы и к описанию ее результатов;
- формирование умений по выявлению причинно-следственных связей в процессе эксперимента;
- формирование умения использовать литературные и иные источники для получения информации по интересующей тематике;
- контроль знаний и умений с объяснением ошибок на всех этапах выполнения лабораторно-практической работы.

Как уже было сказано, реальный эксперимент не всегда может быть выполнен в полном объеме по целому ряду причин. В этом случае, виртуальные лабораторные работы могут служить дополнением к реальным лабораторным. Например, ВЛПР 2 «Изучение свойств одноосновных карбоновых кислот» и ВЛПР 3 «Изучение ароматических карбоновых кислот» включают опыты, которые можно частично проводить в классе, а частично оставлять для выполнения в качестве домашнего задания.

При проведении ВЛПР, посвященной изучению свойств одноосновных карбоновых кислот, первые две работы с серией опытов можно выполнить на уроке, а заключительную

работу, посвященную специфическим свойствам некоторых карбоновых кислот, можно выполнить в качестве домашнего задания.

## **2.Проведение ВЛПР предваряет проведение реального эксперимента**

Данная методическая модель предполагает формирование необходимых знаний и умений в процессе выполнения виртуального эксперимента, а затем их применение в условиях реальной лаборатории. Виртуальный эксперимент в этом случае играет пропедевтическую роль, позволяет учащимся получить важные представления о предстоящей экспериментальной работе в реальных условиях.

Например, ВЛПР 8 «Изучение влияния температуры на скорость химической реакции» предполагает фиксацию времени, необходимого для проведения реакций при различных температурах. На основании полученных экспериментальных данных учащиеся проводят расчеты температурного коэффициента скорости реакции и энергии активации, делают необходимые выводы. После выполнения подобной лабораторно-практической работы в виртуальном формате учащиеся смогут спланировать реальный эксперимент, более осознанно провести эту работу в учебной химической лаборатории с применением необходимой посуды и оборудования.

Для результативного применения данной методической модели, когда виртуальный эксперимент предваряет реальный, следует выделить дидактические условия эффективности:

- предварительный разбор виртуальной модели проведения эксперимента в процессе коллективного обсуждения, ознакомление учащихся с новыми понятиями и подходами к вычислению физических величин;
- переход от модели к реальному эксперименту через поэтапное планирование реального эксперимента с учетом требований техники безопасности.

Такая последовательность операций способствует формированию единства знания о реальном объекте и его модели в сознании учащихся, подкрепляет в них уверенность в результативности метода моделирования.

## **3.Виртуальные лабораторные работы как отправная точка для расширения и совершенствования знаний**

В числе предлагаемых ВЛПР есть работы, которые расширяют знания учащихся по изучаемой теме и носят поисково-исследовательский характер. К таким работам можно отнести ВЛПР 6 «Исследование свойств коллоидных растворов», ВЛПР 7 «Экспериментальное определение теплового эффекта образования кристаллогидратов из безводных солей», ВЛПР 9 «Определение теплового эффекта реакции нейтрализации». Эти работы знакомят

учащихся в новыми для них понятиями и методами исследования, с используемыми при этом приборами, с методами расчета физических величин. Так, в работах 7 и 9 представлен калориметрический метод определения теплового эффекта физико-химических процессов. Для подготовки к этим лабораторным работам следует рекомендовать учащимся познакомиться с литературой по применению калориметрии для решения различных исследовательских задач. Виртуальный эксперимент в этом случае направлен на получение и расширение знаний, развитие абстрактного мышления, на мотивацию к самостоятельной познавательной деятельности.

#### **4. Варианты выполнения виртуального эксперимента в процессе обучения**

Предлагаемые лабораторные работы весьма разнообразны по тематике, количеству виртуальных опытов и сложности их выполнения, по числу расчетных заданий к эксперименту, по структуре контроля и времени, необходимому на его выполнение. В связи с этим возможны несколько вариантов включения виртуальных ВЛПР в учебный процесс.

1. Работы выполняются во внеурочное время как домашнее задание для углубленного изучения темы. К таким лабораторным работам следует отнести Лабораторную работу №6. «Исследование свойств коллоидных растворов», Лабораторную работу №7. «Экспериментальное определение теплового эффекта образования кристаллогидратов из безводных солей». После выполнения лабораторно-практических работ учащиеся присылают учителю в качестве домашнего задания отчет о проделанной работе в виде Лабораторного журнала в pdf-формате. В зависимости от учебного графика возможно обсуждения полученных результатов и выводов на их основе.

2. Разбиение ВЛПР на части и ее выполнение на нескольких уроках с обязательным разбором проводимых экспериментов и обсуждением полученных результатов. Например, к таким работам можно отнести Лабораторную работу №2 «Изучение свойств одноосновных карбоновых кислот», Лабораторную работу №4 «Сравнение свойств аммиака и аминов жирного ряда», Лабораторную работу №11 «Изучение окислительно-восстановительных реакций». Это работы по основополагающим темам курса химии, которые излагаются на нескольких уроках. Разбиение ВЛПР на части позволит иллюстрировать определенную часть рассматриваемого на уроке теоретического материала.

3. Одна часть ВЛПР выполняется на уроке с разбором методики расчетов физических величин, а вторая часть выполняется во внеурочное время как контроль полученных навыков. К таким работам следует отнести Лабораторную работу №8 «Влияние температуры на скорость химической реакции», Лабораторную работу №9 «Определение теплового эффекта реакции нейтрализации».

4. Применение полного комплекта виртуального эксперимента. К таким работам можно отнести Лабораторную работу №1 «Изучение свойств этилена», Лабораторную работу №10 «Влияние различных факторов на гидролиз солей».

В конечном итоге каждый учитель может варьировать реализацию виртуальных лабораторно-практических работ в зависимости от количества часов, выделяемых на химию в учебном плане, уровня подготовки учащихся в каждом конкретном классе, оснащенности реактивами и оборудованием школьной лаборатории, наличия компьютерных классов в школе и т.п.

Если есть возможность проведения химических опытов в реальных условиях, необходимо выбирать методические модели, которые предполагают сочетание реальных и виртуальных экспериментов.

### **5. Формы выполнения виртуального эксперимента**

Классический вариант выполнения ученического химического эксперимента предполагает использование работ в паре (лабораторные опыты, практические работы), индивидуальную (решение экспериментальных задач) и коллективную (лабораторные опыты).

При выполнении виртуальных опытов преобладающей формой становится самостоятельная работа.

Однако более эффективным с точки зрения образовательного процесса будет предварительное коллективное обсуждение ВЛПР. Вопросами для обсуждения могут быть:

- теоретические основы для выполнения лабораторных работ;
- особенности выполнения эксперимента, используемые приборы и оборудование;
- методика оформления результата эксперимента, фиксирование наблюдений;
- написание уравнений реакций, особенно это касается уравнений окислительно-восстановительных реакций, для уравнивания которых необходимо написание электронного баланса;
- проведение расчетов по результатам эксперимента, поскольку отдельные расчеты выполняются учащимися впервые.

Безусловно, учитель предварительно просматривает ВЛПР, определяет те моменты, на которые стоит обратить внимание учащихся, как с технической, так и с концептуальной точки зрения.

Коллективную работу целесообразно применять также на этапе обсуждения полученных результатов, при формулировании выводов по результатам проделанной работы.

Коллективная работа способствует выработке коммуникативные навыки, умению обсуждать вопросы в коллективе, вырабатывать оптимальные пути решения поставленной задачи.

Для выполнения отдельных лабораторных работ возможна работа в парах. Желательно формировать пары с учетом психологической совместимости учащихся и их когнитивных способностей. Нецелесообразно комплектовать пары, в которых оба ученика имеют низкие учебные способности.

### **III. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Рассмотрим структуру каждой из предлагаемых виртуальных лабораторных работ. Первым компонентом в предлагаемом комплекте является небольшой видеоклип, нацеленный на мотивирование учащихся к изучению данной темы и к выполнению виртуальных опытов. Видеоклип содержит краткую информацию по теме предстоящей лабораторной работы и может быть предложен школьникам для самостоятельного просмотра дома при подготовке к практическому занятию. В процессе просмотра учащимся необходимо ответить на небольшой вопрос по теме и продолжить просмотр видеоролика.

Следующий шаг – ознакомление с кратким теоретическим вступлением по теме. При необходимости теорию можно скачать в формате .pdf, нажав на кнопку «Скачать PDF». Зачастую материалы, изложенные в теории, необходимы для понимания сути процессов, происходящих в опытах, а также при ответе на вопросы в контрольных заданиях.

Перед выполнением лабораторных работ учителю нужно ознакомить учащихся с оснащением программы реализации ВЛПР. Так, слева на рабочем столе находятся инструменты для проведения опытов: реактивы, пробирки, спиртовка и т.п. Их следует переносить с помощью мышки на рабочий стол в соответствии с порядком, описанным в Ход работы. Клавиша «Ход работы» находится справа. При нажатии на нее появляется описание последовательности действий в ходе опыта. При необходимости передвинуть всплывающее объявление нужно использовать кнопку – крестовина.

Клавиша «Лабораторный журнал» позволяет зайти в виртуальный лабораторный журнал. В лабораторный журнал вносят фамилию и имя учащегося, выполняют задания, предлагаемые на определенном этапе прохождения эксперимента, записывают наблюдения, рассуждения, выводы и другую информацию в поле «Заметки». После выполнения каждого задания ученик может нажать на кнопку «Проверить». Если задание выполнено правильно, то вставленные элементы ответа окрашиваются в зеленый цвет. Если в задании допущены ошибки, то они будут окрашены в красный цвет.

Форму и содержание информации в поле «Заметки» рекомендуется обсудить с учащимися перед выполнением каждой лабораторной работы. Например, в это поле можно записывать наблюдения, особенности проведения опыта, промежуточные выводы по результатам наблюдений и т.п. Полнота и правильность заполнения этого поля должна влиять на формирование оценки за выполнение ВЛПР. Поскольку получение навыков описывать результаты эксперимента и делать выводы по его результатам – одна из основных задач практико-ориентированного обучения.

Клавиша «База формул» дает доступ к химическим формулам веществ, цифрам и математическим символам для выполнения заданий в лабораторном журнале. Нужные элементы перетягиваются в лабораторный журнал мышкой.

В правом нижнем углу располагается кнопка с изображением фотоаппарата, позволяющая делать принтскрин экрана в определенные моменты выполнения лабораторной работы.

Если в ходе работы были допущены ошибки, то можно воспользоваться клавишей «Перезапуск» в виде круговой стрелки в верхнем левом углу рабочего стола и выполнить работу повторно, начиная с самого первого опыта. Во избежание вынужденной остановки работ с последующей необходимостью проходить работу заново рекомендуется строго соблюдать последовательность действий, предусмотренную ходом работ и всплывающими в ходе выполнения работ подсказками.

Следует отметить, что выполнение ВЛПР можно начинать с любой из трех работ.

Необходимой частью эксперимента является соблюдение всех правил техники безопасности при выполнении работы, а также корректная работа с оборудованием. Следует обращать внимание учащихся на используемую посуду, приборы, оборудование, на их правильные названия и правильную компоновку для проведения конкретных опытов. Правильно сформированные приемы работы в виртуальной среде служат основой для выполнения последующих работ в реальной химической лаборатории.

Перед выполнением виртуальных лабораторных работ необходимо провести коллективное обсуждение целей, задач, особенностей выполнения опытов, повторить некоторые теоретические вопросы по теме. Это способствует оптимизации времени прохождения лабораторных работ.

Коллективную работу можно применить на начальном этапе составления плана выполнения работы и при обсуждении полученных результатов эксперимента.

В завершении виртуальных лабораторных работ учащимся предлагается выполнить контрольные тестовые задания разного уровня сложности.

Лабораторный журнал в виде файла в формате pdf должен быть сохранен и отправлен учителю в качестве отчета о проделанной работе. Оценивание качества выполнения виртуальных лабораторно-практических работ проводится учителем в соответствии с критериями, выработанными при коллективном обсуждении лабораторной работы. В качестве критериев оценивания можно предложить:

- правильность выполнения заданий в лабораторном журнале;
- качество описания эксперимента и выводов по результатам наблюдений в поле Заметки;
- время, затраченное на полное прохождение лабораторной работы;
- уровень прохождения контрольных заданий после выполнения эксперимента; и др.

На следующем после выполнения лабораторной работы занятии можно разобрать основные ошибки, допущенные учащимися в отдельных компонентах.

Методически грамотно было бы совместное пошаговое выполнение какой-либо виртуальной лабораторной работы учителем и учащимися, в процессе которого были бы выработаны общие подходы и требования к оформлению эксперимента.

Как правило, лабораторные работы завершают изучение определенной темы. Большая часть предлагаемых ВЛПР рекомендуется выполнять именно на заключительном этапе. Отдельные ВЛПР рекомендованы в качестве подготовительного этапа для выполнения реальных лабораторных работ.

Предлагаемые ВЛПР могут выполняться полностью или, будучи разбитыми на отдельные части, в учебное или во внеурочное время в зависимости от учебного плана и уровня подготовки учащихся.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1. Получение этилена и изучение его свойств**

**Цель:** изучить лабораторные способы получения этилена и его свойства.

**Форма.** Лабораторная работа включает три работы с серией опытов, а также тестовые задания для самопроверки освоения темы. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Выполняется при изучении темы «Непредельные углеводороды. Алкены» в виде лабораторных опытов.

**Требования к уровню подготовки учащегося.** Знать способы получения и основные свойства алкенов.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с едкими веществами (кислотами и щелочами), со спиртовкой и правила работы в химической лаборатории.

**Методические рекомендации.**

**Работа 1** «Лабораторные способы получения этилена» включает 4 опыта. Опыты №1 и №2 связаны с получением этилена при дегидратации этанола. Выделение этилена происходит в результате термического расщепления этилсерной кислоты, образующейся при взаимодействии спирта и серной кислоты. В пробирку помимо этанола и концентрированной серной кислоты добавляют песок. Объясните, что песок добавляется для равномерного кипения реакционной смеси в пробирке, а также для ускорения процесса дегидратации.

Опыт №3 посвящен получению этилена из полиэтилена, а опыт №4 – получению этилена дегалогенированием 1,2-дибромэтана при взаимодействии с цинковой пылью.

Желательно обсудить с учащимися, какие еще способы получения этилена они знают. Какие из этих способов используют в лаборатории, а какие – в промышленности.

На определенных этапах выполнения виртуального эксперимента ученик заполняет лабораторный журнал: пишет уравнения реакций, используя инструменты выпадающего поля при нажатии клавиши «База формул», а в поле «Заметки» заносит наблюдения, зафиксированные в процессе выполнения работы: например, выделение газа, яркое пламя при горении этилена и т.п. Формулирование наблюдений – важный этап познания, построения причинно-следственных связей и интерпретации результатов эксперимента. На основании наблюдений учащийся должен уметь формулировать выводы.

**Работа 2** «Химические свойства этилена: реакции электрофильного присоединения» включает 2 опыта, посвященные способности этилена вступать в реакции присоединения.

В опыте №1 этилен пропускают через бромную воду. Эта реакция является качественной реакцией на непредельные соединения, в том числе и на алкены. В опыте №2 проводят реакцию этилена с бромоводородом. Обратите внимание учащихся на расположение цилиндров с реагирующими газообразными веществами в опыте №2: снизу – этилен, сверху – бромоводород. Можно обсудить с учениками, случайно ли такое расположение пробирок с газами и чем оно объясняется.

Для доказательства получения бромэтана проводят пробу Бейльштейна. Проба Бейльштейна – качественный метод определения галогенов (кроме фтора) в органических веществах. Метод основан на получении летучих галогенидов меди, окрашивающих пламя в зелёный цвет. Перед выполнением этой части опыта необходимо обратить внимание учащихся, что медную проволоку нужно вносить в пробирку, а затем в пламя горелки, используя пинцет. В наблюдениях ученики должны отметить цвет пламени.

**Работа 3** рассматривает окисление этилена перманганатом калия в различных средах: кислот, нейтральной и щелочной. Для оптимизации расхода времени целесообразно перед началом лабораторной работы включить коллективное обсуждение следующих вопросов:



1) продукты восстановления перманганата калия (формулы, внешний вид), продукты окисления этилена в различных средах.

2) «мягкое и жесткое окисление». В каких средах и при какой температуре эти процессы протекают?

Для правильного написания уравнений реакций перманганата калия с этиленом в различных средах допускается написание электронного баланса в рабочей тетради учащегося. В этом случае можно избежать ошибок при выполнении заданий в лабораторном журнале ВЛПР.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. Изучение свойств одноосновных карбоновых кислот**

**Цель:** исследовать общие и особые свойства одноосновных карбоновых кислот, определить рН их растворов, сравнить силу, установить зависимость силы кислоты от ее строения.

**Форма.** Три модуля лабораторных работ с набором опытов по изучению свойств одноосновных карбоновых кислот различного состава. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Выполняется при изучении темы «Карбоновые кислоты» в конце изучения темы в качестве обобщающей работы с целью повторения пройденного материала и систематизации знаний.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать особенности строения карбоновых кислот, влияние радикала на силу карбоновой кислоты, физические и химические свойства карбоновых кислот. Знать особенности свойств муравьиной кислоты. Иметь представление о гетерофункциональных соединениях на примере молочной кислоты.

**Меры безопасности.** Практические работы выполняют в вытяжном шкафу с соблюдением правил поведения при работе с едкими веществами и летучими токсичными соединениями.

### **Методические рекомендации**

Перед выполнением лабораторной работы необходимо обсудить следующие вопросы:

- влияние радикала на силу карбоновых кислот;
- химические свойства карбоновых кислот;
- особые свойства муравьиной кислоты;
- понятие о цис-транс-изомерии непредельных кислот;
- значения водородного показателя в различных средах.

**Работа 1** «Общие свойства карбоновых кислот» включает 3 опыта.

Опыт №1 посвящен сравнению силы хлороводородной кислоты и низших монокарбоновых кислот – муравьиной и уксусной. Для этого сначала измеряют водородный показатель рН с помощью цветовой шкалы для универсальной индикаторной бумаги, а затем проводят потенциометрическое определение рН. Результаты измерений записывают в лабораторный журнал. Сравнивая полученные значения рН, делают вывод о способности трех изучаемых кислот к диссоциации. Вывод записывают в поле «Заметки».

Опыт №2. Получение хлорангида уксусной кислоты (ацетилхлорида) при взаимодействии уксусной кислоты с пентахлоридом фосфора.

Синтез ацетилхлорида проводится в круглодонной колбе при нагревании. В качестве комментария следует рассказать учащимся, что круглодонные колбы применяются в процессах (перегонка жидкостей, синтеза, аналитические реакции), связанных с нагреванием, поскольку они изготавливаются, как правило, из термостойкого боросиликатного стекла. Попросите учащихся обратить внимание на температуру, при которой происходит выделение ацетилхлорида, и записать это значение в поле «Заметки».

Хлороводород и ацетилхлорид являются токсичными газообразными веществами, поэтому на практике синтез проводят только в вытяжном шкафу. Об этом информирует выделенная красным цветом предупреждающая запись в поле «Ход работы».

Опыт №3. «Реакция этерификации. Получение сложных эфиров карбоновых кислот».

В этом опыте описывается получение изоамилового эфира уксусной кислоты. Перед выполнением этого опыта стоит обсудить механизм реакции этерификации, которая в условиях кислотного катализа протекает как реакция нуклеофильного замещения. При этом в карбоновой кислоте происходит разрыв связи С–ОН в карбоксильной группе, и гидроксильная группа замещается на группу -OR из молекулы спирта. То, что гидроксил отщепляется именно от молекулы кислоты, доказано с помощью метода меченых атомов.

Обсудите с учащимися растворимость сложных эфиров в воде. О чем говорит то, что при выливании полученного в ходе синтеза изоамилацетата в воду он находится на поверхности воды?

**Работа 2** «Особые свойства муравьиной кислоты» включает 3 опыта.

Особые свойства муравьиной кислоты связаны с наличием альдегидной группы в ее составе. Продуктами окисления муравьиной кислоты в зависимости от условий являются угольная кислота или ее соли.

В опыте №1 муравьиная кислота при нагревании реагирует с аммиачным раствором оксида серебра (реактивом Толленса). Выделяется ли газ в этой реакции?

В опыте №2 происходит окисление муравьиной кислоты сернокислотным раствором перманганата калия.

В опыте №3 проводится опыт разложения муравьиной кислоты при нагревании с серной кислотой. При этом выделяется угарный газ, наличие которого подтверждается цветом пламени при его горении. Предварительно необходимо рассказать учащимся о том, что угарный газ горит пламенем синего цвета.

### **Работа 3 «Специфические свойства некоторых карбоновых кислот»**

Известно, что карбоновые кислоты делятся по степени насыщенности радикала на насыщенные и ненасыщенные. Ненасыщенные карбоновые кислоты проявляют свойства непредельных соединений, вступая в реакции присоединения с разрывом  $\pi$ -связи в углеродной цепи.

Опыт №1 посвящен взаимодействию олеиновой кислоты с бромной водой. Олеиновая кислота – наиболее распространенная непредельная жирная кислота природного происхождения, которая встречается в основном в форме триглицерида (триолеин).

#### **Опыт №3 «Изомеризация олеиновой кислоты в элаидиновую»**

Выполнение этого опыта необходимо предварить информацией, что олеиновая и элаидиновая кислоты являются геометрическими изомерами друг друга. Олеиновая кислота является *цис*-изомером элаидиновой кислоты.

Ключевое различие между олеиновой кислотой и элаидиновой кислотой состоит в том, что олеиновая кислота является жидкостью, в то время как элаидиновая кислота представляет собой твердое вещество.

Интересной может быть информация, что элаидиновая кислота широко известна как основной трансжир, который играет весьма негативную роль в формировании сердечно-сосудистых заболеваний.

Олеиновая кислота в присутствии оксидов азота может превращаться в элаидиновую.

Опыт №2 «Качественная реакция на молочную кислоту. Образование соли железа (III). Определение молочной кислоты в молочной сыворотке и капустном рассоле»

Молочная кислота (2-гидроксипропионовая кислота) является следствием распада глюкозы по анаэробному (бескислородному) пути. Она встречается в кисломолочных продуктах, квашеной капусте, соленых огурцах и др.

Качественной реакцией на молочную кислоту является акция с фенолятом железа, который окрашен в фиолетовый цвет. В результате реакции образуется лактат железа зеленовато-желтого цвета.

Опыт проводят в 4-х вариантах, добавляя в пробирки с фенолятом железа молочную кислоту, молочную сыворотку, капустный рассол и уксусную кислоту. Уксусная кислота не реагирует с фенолятом железа. В трех остальных вариантах мы имеем изменение цвета раствора из фиолетового в желто-зеленый. Учащиеся должны сделать вывод о наличии молочной кислоты в молочной сыворотке и капустном рассоле. В процессе выполнения работы формируются умения анализировать результаты эксперимента и делать адекватные выводы.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3. Изучение ароматических карбоновых кислот

**Цель:** изучить физические и химические свойства бензойной, салициловой и ацетилсалициловой кислот, установить зависимость свойств кислот от строения их молекул.

**Форма.** Серия виртуальных лабораторных опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Выполняется при изучении темы «Карбоновые кислоты. Ароматические карбоновые кислоты» после изучения темы для повторения пройденного материала и систематизации знаний.

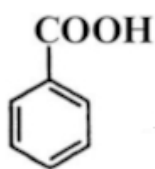
**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать зависимость свойств ароматических кислот от особенностей их строения, иметь понятие о индуктивном и мезомерном эффектах различных заместителей.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с едкими веществами.

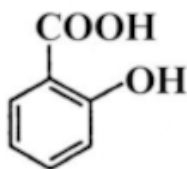
#### Методические рекомендации

Лабораторная работа включает 3 модуля с серией опытов, посвященных изучению и сравнению свойств бензойной, салициловой и ацетилсалициловой кислот.

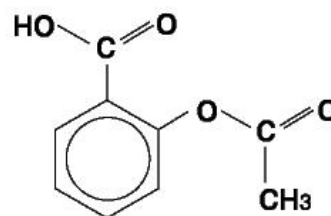
Перед выполнением этой работы необходимо напомнить учащимся структурные формулы вышеупомянутых кислот и обсудить, как строение влияет на свойства этих кислот.



*Бензойная кислота*



*Салициловая кислота*



*Ацетилсалициловая кислота*

Влияние ароматической системы на кислотные свойства бензойной кислоты, которая является несколько более сильной кислотой, чем уксусная, объясняется, прежде всего, возможностью более полной делокализации отрицательного заряда карбоксилат-аниона с участием  $\pi$ -электронной системы бензольного кольца.

Салициловая кислота относится к классу ароматических оксикислот (или фенолокислот). Повышенная кислотность салициловой кислоты объясняется тем, что карбоксилат-анион стабилизирован внутримолекулярной водородной связью между карбоксильной и гидроксильной группами, находящимися в орто-положении относительно друг друга (так называемый орто-эффект). Салициловая кислота будет проявлять свойства и кислот, и фенолов.

При взаимодействии салициловой кислоты с ангидридом уксусной кислоты образуется сложный эфир по гидроксильной группе – ацетилсалициловая кислота (аспирин). Кислотные свойства ацетилсалициловой кислоты снижены по сравнению с салициловой кислотой.

**Работа 1** посвящена сравнению силы бензойной, салициловой и ацетилсалициловой кислот в соответствии с результатами измерения рН их растворов. Учащимся предлагается расположить кислоты в порядке возрастания их кислотности. Следует напомнить учащимся, что чем меньше величина рН, тем больше концентрация катионов водорода в растворе.

**Работа 2** «Сравнение химических свойств ароматических карбоновых кислот» состоит из двух опытов.

В Опыт №1 к растворам изучаемых кислот добавляют раствор хлорида железа (III). Известно, что окрашивание в фиолетовый цвет при взаимодействии с  $\text{FeCl}_3$  характерно для фенола и его производных. Следует обсудить с учащимися, что наличие в салициловой кислоте гидроксильной группы, непосредственно связанной с бензольным кольцом, объясняет изменение окраски на фиолетовую в пробирке именно с этой кислотой.

Опыт №2 дает возможность изучить взаимодействие бензойной, салициловой и ацетилсалициловой кислот с бромной водой.

Уравнения реакции взаимодействия салициловой кислоты с избытком бромной воды учитель предлагает найти в теоретической части работы или дает в готовом виде.

Можно обсудить с учащимися, почему в реакциях бромной воды с салициловой и ацетилсалициловой кислотой осадок выпадает, а в реакции с бензойной кислотой – нет.

**Работа 3** «Фармацевтическое расследование» имеет практическую направленность, поскольку полученные знания могут быть использованы при оценке качества лекарственного препарата ацетилсалициловая кислота, или аспирин, в домашних условиях.

В работе в качестве оборудования используют фарфоровые чашки, толстостенная фарфоровая чашка с пестиком для растирания сыпучих веществ. При растворении ацетилсалициловой кислоты в воде для перемешивания используют стеклянную палочку. Знание названий и назначения оборудования и посуды, используемой в химической лаборатории – важный аспект химического практикума.

Известно, что при несоблюдении правил хранения (например, повышенная влажность, температура) ацетилсалициловая кислота может гидролизироваться с образованием уксусной и салициловой кислот. Уксусную кислоту можно определить органолептически, по характерному резкому запаху, а салициловую кислоту – по качественной реакции с хлоридом железа(III). Наличие салициловой кислоты в аспирине недопустимо, поскольку может негативно отразиться на здоровье человека.

Следует предложить учащимся в поле «Заметки» сделать аргументированный вывод о том, какая из 2-х таблеток, взятых на исследование в этом опыте, была некачественной.

Перед прохождением контрольных заданий учащимся можно предложить повторно прослушать видеоролик и почитать теоретическое вступление к работе.

Несколько вопросов в контроле посвящено качественным реакциям, позволяющим распознать изучаемые в лабораторной работе кислоты. В частности, есть вопрос о качественной реакции салициловой кислоты с формальдегидом. Данная реакция редко рассматривается в школьном курсе органической химии, поэтому требуется рассказать учащимся, что салициловая кислота в присутствии формальдегида и концентрированной серной кислоты образует ауриновый краситель розового цвета.

Заключительные задания контроля – 2 расчетные задачи. Решение этих задач ученик выполняет в рабочей тетради, а ответ с необходимой точностью вносит в лабораторный журнал виртуальной лабораторной работы.

#### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4. Сравнение свойств аммиака и аминов жирного ряда**

**Цель:** изучить основные свойства предельных низших аминов, сравнить их со свойствами аммиака, установить влияние строения молекул на свойства аминов и аммиака

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из серии опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Амины»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать способы получения аммиака и аминов. Уметь пользоваться спиртовкой, лабораторным штативом. Уметь объяснять

различие основных свойств аммиака и предельных низших аминов на основании строения молекул.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения со спиртовкой и правила обращения с кислотами и щелочами.

**Методические рекомендации** Данная лабораторная работа может выполняться в заключении изучения темы «Амины» или, будучи разбита на 3 части, выполняться учениками по мере освоения материала по этой теме.

Перед началом лабораторной работы следует вспомнить, что основные свойства аммиака и аминов как его производных определяются наличием не поделённой электронной пары у атома азота. Благодаря этому при растворении аммиака и низших аминов в воде происходит донорно-акцепторное взаимодействие не поделённой электронной пары азота и свободной орбитали катиона водорода воды, в результате чего в растворе образуется избыток анионов  $\text{OH}^-$ , что и определяет щелочную среду водных растворов аммиака и аминов. Наличие электронодонорного углеводородного заместителя в аминах повышает частичный отрицательный заряд на атоме азота аминогруппы, что делает алифатические амины более сильными основаниями, чем аммиак.

Основная учебная задача предлагаемой работы – закрепление знаний учащихся о физических и химических свойствах аммиака и аминов на примере метиламина. В процессе выполнения работы формируются такие важнейшие экспериментальные умения, как собирание газа над водой и в воздухе. Поскольку аммиак и метиламин легче воздуха, то при собирании этих газов пробирку (мензурку) следует держать вверх дном.

**Работа 1** «Получение метиламина и аммиака, их взаимодействие с кислородом воздуха. Растворение в воде».

Опыт №1 рассматривает получение метиламина из хлорида метиламмония и его способность к горению на воздухе и к растворению в воде. О щелочной среде водного раствора метиламина говорит изменение цвета универсальной индикаторной бумаги с желтого на синий.

Опыт №2 рассматривает получение аммиака из хлорида аммония. В отличие от метиламина аммиак не горит на воздухе, но хорошо растворяется в воде.

Необходимо акцентировать внимание учащихся на том, что аммиак и метиламин являются газами с резким запахом, поэтому работы по их получению и изучению свойств проводят в вытяжном шкафу.

**Работа 2** «Изучение основных свойств метиламина и аммиака»

Опыт №1 включает реакцию нейтрализации метиламина соляной кислотой, реакцию с хлоридом железа(III) и с хлоридом алюминия.

Попросите учеников в поле «Заметки» Лабораторного журнала записывать наблюдения. Например, при взаимодействии с  $\text{FeCl}_3$  – «выпадение бурого осадка». А при взаимодействии с  $\text{AlCl}_3$  – «выпадение белого осадка, растворимого в избытке раствора метиламина».

Опыт №2 включает те же опыты, но с раствором аммиака. Обсудите с учащимися, о чем говорит различие взаимодействия метиламина и аммиака с гидроксидом алюминия. Какое из веществ проявляет более сильные основные свойства и с чем это связано?

**Работа 3** «Реакция с нитритом натрия» позволяет провести аналогию между взаимодействием хлорида аммония с нитритом натрия, в результате чего при нагревании выделяется азот, и между качественной реакцией первичных аминов с азотистой кислотой, в результате чего также идет выделение азота. То, что выделяется именно азот, не поддерживающий горение, подтверждается внесением в пробирку горячей лучины.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. Изучение свойств аминокислот**

**Цель:** изучить физические и химические свойства важнейших аминокислот (глицина, лизина, глутаминовой кислоты), установить зависимость их свойств от строения.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Аминокислоты и белки»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать особенности строения природных аминокислот, их физические и химические свойства. Знать качественные реакции аминокислот. Уметь анализировать различие физических и химических свойств аминокислот в связи со строением их молекул.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения со спиртовкой и правила обращения с едкими веществами: кислотами и щелочами.

**Методические рекомендации** Данная лабораторная работа может выполняться полностью по завершении изучения темы «Аминокислоты и белки» для закрепления и визуализации свойств аминокислот. Или можно предложить учащимся выполнять данную работу поэтапно в качестве домашнего задания. Например, сначала выполнить работу 1 при изучении физических свойств аминокислот, а затем работы 2 и 3 при изучении химических свойств аминокислот.

**Работа 1** «Исследование физико-химических свойств на примере глицина, глутаминовой кислоты и лизина» включает опыт по определению агрегатного состояния, растворимости в воде и водородного показателя pH растворов трех изучаемых аминокислот.



Следует обратить внимание учащихся на то, что для переноса жидкостей (в данном случае воды) в мерный цилиндр необходимо использовать воронку, а для внесения порции аминокислот в воду следует использовать микрошпатель.

Особое внимание следует обратить на правила работы с рН-метром. После каждого измерения электрод промывают дистиллированной водой и убирают лишние капли жидкости фильтровальной бумагой. Следует отметить, что потенциометрия встречается довольно часто при проведении лабораторного практикума по разным темам, поэтому освоение методики работы с рН-метром – важный навык для последующей практической работы.

**Работа 2** «Химические свойства глицина» включает 2 опыта. Оба опыта – про взаимодействие глицина с соединениями  $\text{Cu(II)}$  с образованием комплексного соединения синевioletового цвета по аминогруппе глицина.

**Работа 3** называется «Проба Ван Слайка». Метод Ван Слайка связан с количественным и качественным определением аминокислот по количеству выделяемого газообразного азота в реакции дезаминирования  $\alpha$ -аминокислот. В результате этих реакций образуются оксикислоты, азот и другие продукты в зависимости от используемых реагентов.

В этой работе используют метод сбора газа вытеснением воды. Необходимо напомнить учащимся методы собирания газов: метод вытеснения воздуха и метод вытеснения воды. Методом вытеснения воды можно собирать газы, которые практически не растворяются в воде и не взаимодействуют с ней. Азот относится именно к таким газам. В ходе лабораторной работы ученику предстоит сравнить объемы выделяющегося азота при дезаминировании трех аминокислот. Очевидно, что лизин, имеющий в своем составе две аминогруппы, должен давать больше азота в реакции с нитритом натрия и уксусной кислотой.

Обратите внимание учеников на то, что пробирка закреплена в штативе под наклоном. Задайте вопрос, случайно ли это и для чего пробирку закрепляют под наклоном.

Контроль включает тестовые задания с множественным ответом и две задачи, решение которых можно записывать в рабочей тетради, а ответ с требуемой точностью переносить в виртуальный лабораторный журнал.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. Исследование свойств коллоидных растворов**

**Цель:** получить гидрозоль гидроксида железа (III), на его примере изучить свойства коллоидных растворов, эффект Фарадея-Гиндаля, коагулирующее действие различных ионов.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Растворы. Дисперсные системы»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать различные виды смесей веществ, включая коллоидные растворы

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с лазерной указкой, с электрической плиткой.

#### **Методические рекомендации**

Перед началом выполнения лабораторной работы рекомендуется обсудить различные термодинамические системы. Напомнить учащимся, что растворы имеют размер частиц распределяемой дисперсной фазы (молекулы, ионы) в дисперсионной среде растворителя меньше 1 нм. Истинные растворы являются частным случаем понятия «смеси».

В природе существуют другие виды смесей веществ, например, взвеси (суспензии, эмульсии, аэрозоли), где размеры частиц дисперсной фазы гораздо крупнее, больше 100 нм.

Например, самая распространенная суспензия - это уличная дорожная грязь: она содержит частицы минералов алюмосиликатов (глины) в водной среде. Суспензиями являются многие краски и эмали, пасты для чистки посуды и ванн и косметические средства.

Приводя пример эмульсии, обычно вспоминают молоко – эмульсию, в которой мельчайшие капельки жира распределены в водной фазе.

В коллоидных растворах размеры распределенных частиц - промежуточные между истинными растворами и взвесями и находятся в интервале от 1 до 100 нм. Коллоидами являются многие физиологические жидкости: кровь, лимфа и др.

#### **Работа 1 «Эффект Тиндаля».**

Эффект Тиндаля – это рассеяние света частицами в коллоиде или в очень тонкой суспензии. В этих системах частицы, которые не видны невооруженным глазом, могут стать видимыми благодаря способности отражать или преломлять свет. В качестве источника света в лабораторной работе используется лазерная указка.

Рассматриваются 4 термодинамические системы: вода, истинный раствор хлорида натрия в воде, суспензия мука в воде и коллоидный раствор молоко в воде. Последние две системы имеют размер частиц достаточный для преломления света лазерной указки.

#### **Работа 2 Синтез золя гидроксида железа (III) методом гидролиза.**

В разделе Теория рассматривается строение мицеллы в золе гидроксида железа (III). Учащимся нужно рекомендовать зарисовать строение мицеллы в рабочую тетрадь по химии для того, чтобы пользоваться этими записями для ответа на контрольные вопросы.

Опыт №1. Одним из методов получения золя гидроксида железа (III) является гидролиз при нагревании. Полученный таким образом золь проверяют на эффект Тиндаля с помощью лазерной указки в опыте №2.

В опыте №3 проверяют заряд мицеллы с помощью фильтровальной бумаги. Методика определения заряда мицеллы этим способом подробно описана в теоретическом вступлении.

Таким образом, с помощью простых опытов можно получить элементарные представления о коллоидных системах.

### **Работа 3** Добавление электролитов в золь

Перед выполнением учащимися работы 3 учителю следует рассказать о сути процесса коагуляции, происходящего при добавлении сильных электролитов к коллоидному раствору.

Итак, коагуляция – это процесс уменьшения степени дисперсности и числа частиц дисперсной системы путём слипания первичных частиц. В результате коагуляции обычно происходит выпадение дисперсной фазы в осадок или хотя бы изменение свойств первичной дисперсной системы. Надо сказать, что все без исключения сильные электролиты при определенной концентрации могут вызвать коагуляцию коллоидного раствора.

Согласно правилу знака заряда коагуляцию золь вызывает тот ион электролита, знак заряда которого противоположен заряду коллоидной частицы. Этот ион электролита называют ионом-коагулятором. Так, например, в нашем случае мы имеем золь с положительным зарядом мицелл, поэтому ионами-коагуляторами будут анионы добавляемых сильных электролитов.

Коагулирующая способность электролита возрастает с увеличением заряда иона-коагулятора. Поэтому в выполняемой работе самой сильной коагулирующей способностью будет обладать трехзарядный фосфат-анион.

В медицине коагулянтами называют вещества, способствующие свертыванию крови, поскольку кровь, по своей сути, является коллоидной системой, состоящей из плазмы и взвешенных в ней клеток крови: эритроцитов, лейкоцитов, тромбоцитов.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. Экспериментальное определение теплового эффекта образования кристаллогидратов из безводных солей**

**Цель:** провести калориметрические измерения и экспериментально определить тепловой эффект гидратации безводных солей.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Тепловой эффект реакции. Экзотермические и эндотермические реакции»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать определение экзотермической и эндотермической реакции. Иметь представление о кристаллогидратах.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с электрической плиткой.

**Краткое теоретическое вступление.**

Раздел химии, изучающий тепловые эффекты химических реакций, называется термохимией. Изучению этого раздела посвящено относительно небольшое количество часов в рамках школьной программы, поэтому перед выполнением практической работы необходимо повторить основные понятия и формулы, которые потребуются для понимания и выполнения заданий в ходе виртуальных лабораторных работ.

Все химические реакции сопровождаются выделением или поглощением тепла. Тепловой эффект реакции равен теплоте реакции по величине, но обратен по знаку:  $\Delta H_{p-ции} = -Q$ . То есть для экзотермических реакций тепловой эффект отрицательный ( $\Delta H_{p-ции} < 0$ ), а для эндотермических реакций он положительный ( $\Delta H_{p-ции} > 0$ ). Тепловой эффект реакции при постоянных температуре и давлении равен изменению термодинамической функции состояния, называемой энтальпия.

Тепловой эффект реакции равен разности молярных энтальпий образования продуктов реакции и молярных энтальпий образования реагирующих веществ с учетом стехиометрических коэффициентов (n).

$$\Delta H = \sum n \cdot \Delta H_{прод.} - \sum n \cdot \Delta H_{реаг.}, [кДж]$$

где  $\sum [n\Delta H_{f,298}^{\circ}(\text{продукты})]$  – сумма стандартных молярных энтальпий образования продуктов реакции,  $\sum [n\Delta H_{f,298}^{\circ}(\text{реагенты})]$  - сумма стандартных молярных энтальпий образования реагентов. Стандартные энтальпии образования веществ – это справочные величины.

Теплотой растворения называется количество теплоты, которое выделяется или поглощается при растворении 1 моль вещества. Теплота растворения складывается из двух значений: теплоты, затраченной на разрушение кристаллической решетки ( $Q < 0$ ) и теплоты гидратации, которая выделяется при взаимодействии молекул воды с ионами или молекулами растворенного вещества ( $Q > 0$ ). В зависимости от соотношения этих значений процесс растворения может проходить с выделением или с поглощением тепла.

Теплота образования кристаллогидрата вычисляется по формуле:

$$Q_{обр.кр.} = Q_1 - Q_2$$

$Q_1$  – теплота растворения безводной соли, кДж

$Q_2$  – теплота растворения кристаллогидрата, кДж

### **Методические рекомендации**

#### **Работа 1 «Тепловой эффект растворения»**

В опыте представлен один из способов определения молярной теплоты растворения. Следует внимательно выполнять работу, строго соблюдая очередность действий. Для расчетов можно использовать калькулятор.

#### **Работа 2 «Тепловой эффект образования кристаллогидрата»**

Методика определения растворения безводной соли и кристаллогидрата та же, что и в Работе 1. А дальше используем следующую формулу для вычисления теплового эффекта образования кристаллогидрата:

Теплота образования кристаллогидрата вычисляется по формуле:

$$\Delta H_{\text{обр.кр.}} = \Delta H_1 - \Delta H_2$$

$\Delta H_1$  – теплота растворения безводной соли, кДж

$\Delta H_2$  – теплота растворения кристаллогидрата, кДж

#### **Работа 3 «Тепловой эффект образования разных кристаллогидратов»**

Некоторые соли могут образовывать несколько разных кристаллогидратов. Например, сульфат меди образует три кристаллогидрата с нечетным числом молекул:  $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . В опыте нужно рассчитать тепловой эффект образования двух кристаллогидратов сульфата меди (II) –  $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , по той же методике, что и в опыте 2.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. Изучение влияния температуры на скорость химической реакции**

**Цель:** экспериментально определить температурный коэффициент Вант Гоффа и энергию активации химической реакции

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Скорость химической реакции. Факторы, влияющие на скорость реакции». Работа может быть частично выполнена на занятии в процессе изучения темы, а частично быть использована как материал для самостоятельной работы при выполнении домашнего задания по теме.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать определение скорости химической реакции, факторы, от которых зависит скорость химической реакции.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с электрической плиткой и с едкими веществами.

## Методические рекомендации

Данная ВЛПР включает в себя не только теоретический материал и три практические работы с серией опытов, но и много математических вычислений, поэтому ее выполнение рекомендуется разбить на несколько частей. Видеофрагмент и изложение теории могут быть предложены учащимся для самостоятельного ознакомления дома при подготовке к уроку. Работы 1 и 2 можно провести в классе с обсуждениями основных вопросов по теме и подходов к вычислениям температурного коэффициента скорости реакции и энергии активации. А Работу 3, которая использует при проведении опыта и последующей расчетной части алгоритмы из Работы 2, дать учащимся в качестве домашнего задания.

**Работа 1** «Установление зависимости скорости реакции от температуры». Рассматривается зависимость скорости реакции между тиосульфатом натрия и серной кислотой от температуры. Опыт проводится при трех разных температурах. Время протекания реакции фиксируется по изменению цвета раствора в связи с появлением опалесцирующего осадка серы.

Перед проведением этого опыта следует записать уравнение реакции между тиосульфатом и серной кислотой для понимания химизма протекающей реакции:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \underline{\text{S}} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Именно по появлению осадка серы в виде мелкокристаллической взвеси мы и определяем скорость реакции в этом опыте.

Следует обратить внимание учащихся, что в этом опыте нужно сделать паузу между сливанием двух растворов при разной температуре, чтобы фиксировать свое внимание на времени появления осадка.

Попросите учащихся в поле «Заметки» Лабораторного журнала написать, при какой температуре реакция идет быстрее и на основании чего можно сделать подобный вывод. В выводе ученик должен отметить, что скорость реакции обратно пропорциональна времени ее протекания.

**Работа 2** «Определение энергии активации и температурного коэффициента реакции тиосульфата натрия и серной кислотой»

В опыте проводится реакция между тиосульфатом натрия и серной кислотой при трех разных температурах 24<sup>0</sup>С, 34<sup>0</sup>С, 44<sup>0</sup>С. Разница между двумя соседними значениями  $\Delta T = 10$ .

Перед началом проведения виртуального опыта можно написать на доске уравнение Вант-Гоффа. И попросить учащихся выразить из него температурный коэффициент  $\gamma$  через время протекания реакции при условии, что температура изменяется на 10 градусов. Из

опыта в Работе 1 было установлено, что скорость обратно пропорциональна времени протекания реакции. Тогда получается, что

$$\gamma = t_1/t_2, \text{ где } t_1 \text{ и } t_2 - \text{ время протекания реакции при температурах } T_1 \text{ и } T_2.$$

Безусловно, можно отправить учащегося в раздел Теория ВЛПР с целью найти формулу для определения  $\gamma$ , но полезнее, чтобы формула для расчета температурного коэффициента была получена им самостоятельно.

Уравнение Аррениуса более точно определяет зависимость от температуры. В него входит величина энергии активации. Стоит напомнить или рассказать о том, какой физический смысл имеет эта величина. Для оптимизации времени выполнения работы рекомендуется написать на доске формулу для определения энергии активации. Или можно попросить учащихся в разделе Теория найти эту формулу самостоятельно.

Вычисления к Работе 2 следует вести в рабочей тетради и затем переносить результаты в таблицу с учетом точности рассчитываемых значений. Обратите внимание учащихся, что температура берется в Кельвинах, а конечный результат должен быть выражен в кДж.

**Работа 3 «Определение энергии активации и температурного коэффициента реакции иодоводородной кислоты с пероксидом водорода»**

Работа включает серию опытов при разных температурах.

Необходимо написать вместе с учащимися уравнение реакции между иодоводородной кислотой и пероксидом водорода и задать вопрос: раствор какого вещества А используется в данной работе?

Методика выполнения работы подразумевает смешивания нескольких растворов. Следует обратить внимание учащихся, что в реальном опыте для каждого реактива используется отдельная пипетка.

Алгоритм расчета температурного коэффициента и энергии активации такой же, как в Работе 2.

Можно задать вопрос: как меняется энергия активации при повышении температуры и о чем это говорит?

В плане ознакомления с лабораторным оборудованием обратите внимание учащихся, что в работах 2 и 3 для нагревания растворов используется соответственно водяная баня и термостат.

Расчеты следует проводить с точностью, которая указана в таблице Лабораторного журнала.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. Определение теплового эффекта реакции нейтрализации**

**Цель:** экспериментально определить тепловой эффект реакции нейтрализации.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Термохимия. Тепловой эффект реакции»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать основные понятия термохимии: теплота, тепловой эффект реакции. Знать определение экзотермической и эндотермической реакции.

**Меры безопасности.** Работа с токсичными веществами – хлоруксусной и синильной кислотами – обязательно проводится в вытяжном шкафу со всеми необходимыми мерами безопасности. Следует соблюдать осторожность при работе с кислотами и щелочами. При попадании этих веществ на кожу – промыть водой!

### **Методические рекомендации.**

Опыты проводят в калориметрическом стакане. Можно рассказать учащимся, что калориметрический стакан является частью калориметрической установки, с помощью которой измеряется количество теплоты, выделяемой или поглощаемой в различных физических, химических и биологических процессах. В калориметре проводят определенный процесс и фиксируют изменение температуры в результате его протекания. Далее рассчитывают выделяемую или поглощаемую теплоту. Как правило, калориметрические измерения проводят в два этапа:

1. Определение константы калориметра при растворении вещества с известной теплотой растворения.
2. Определение теплового эффекта изучаемого процесса.

### **Работа 1 «Определение постоянной калориметра»**

Постоянная калориметра – это количество тепла, необходимого для нагревания калориметрической системы на 1 градус. Определяют постоянную калориметра по изменению температуры при растворении определенного количества соли с известной теплотой растворения (например, KCl). Для этого следят за изменением температуры при растворении соли в воде и, зная теплоту её растворения, рассчитывают постоянную калориметра  $K$ .

В калориметрическом стакане растворяют определенное количество хлорида калия, молярная теплота растворения которого известна. По изменению температуры необходимо рассчитать постоянную калориметра, значение которой будет использоваться в последующих опытах. Следует внимательно выполнять расчетное задание в лабораторном журнале.

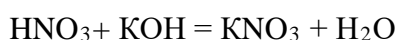


**Работа 2** «Определение теплоты нейтрализации сильной кислоты сильным основанием». Работу проводят в калориметрическом стакане, отмечая изменение температуры при нейтрализации сильной кислоты сильным основанием. Зная найденную в предыдущем опыте величину постоянной калориметра, определяют теплоту нейтрализации.

Ученик собирает установку для калориметрических измерений, выбирает растворы кислоты и щелочи с концентрациями 0,1 моль/л из предлагаемого набора ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{CsOH}$ ). Затем проводит реакцию нейтрализации, измеряет температуру и вычисляет тепловой эффект процесса по формуле в лабораторном журнале. Разберите совместно с учащимися пример решения подобной задачи.

**Задача.** Рассчитайте тепловой эффект нейтрализации при сливании 100 мл 0,1 М раствора азотной кислоты и 100 мл 0,1 М раствора гидроксида калия, если температура в калориметрической установке изменилась в ходе протекания реакции с  $19,44^\circ\text{C}$  до  $20,06^\circ\text{C}$ . Постоянную калориметра принять равной 64 Дж/К.

1) Запишем уравнение реакции нейтрализации:



Для реакции взяты по 100 мл растворов кислоты и щелочи с молярной концентрацией 0,1 моль/л. Рассчитаем количество каждого из реагентов:

$$n = c \cdot V, \text{ где } c - \text{концентрация электролита, моль/л;}$$

$$V - \text{объем электролита, л}$$

Тогда  $n(\text{HNO}_3) = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01$  моль;  $n(\text{KOH}) = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01$  моль

По стехиометрии реакции мы видим, что реагенты взяты в эквивалентном количестве, поэтому  $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,01$  моль.

Для расчета молярной теплоты нейтрализации используйте формулу:

$$Q_p = \frac{Q}{\nu(\text{H}_2\text{O})} = \frac{(m(\text{раствора}) \cdot 4,1 + K) \cdot \Delta T}{\nu(\text{H}_2\text{O})}, \text{ где } K - \text{постоянная калориметра, Дж/К;}$$

$$\Delta T = 20,06 - 19,44 = 0,62 \text{ К}$$

$\nu(\text{H}_2\text{O})$  – количество образовавшейся воды, моль. Для нахождения массы раствора используем формулу:

$$m(\text{раствора}) = \rho \cdot V(\text{раствора}).$$

Для разбавленных растворов можно принять плотность растворов  $\rho = 1 \text{ г/мл}$ .

$$Q = (200 \cdot 4,1 + 64) \cdot 0,62 / 0,01 = 54808 \text{ Дж/моль}$$

Получив результат для одной пары веществ, можно повторить эксперимент с другими реагентами, сравнить полученные экспериментальные данные для двух разных пар реагентов.

После выполнения данной работы расскажите учащимся, что теплота нейтрализации равна количеству теплоты, выделяющейся при реакции нейтрализации эквивалентных

количеств кислоты и щелочи с образованием одного моля жидкой воды. Если рассматривать случай нейтрализации сильных кислот сильным основанием, полностью диссоциированных в разбавленных растворах, то, независимо от их природы, процесс сводится к образованию одного моля жидкой воды по реакции:  $H^+ + OH^- = H_2O + 55,9 \text{ кДж}$

То есть в процессе нейтрализации сильной кислоты сильным основанием всегда выделяется приметно одно и то же количество теплоты, примерно 55,9 кДж/моль. Предложите учащимся сравнить полученные экспериментальные данные со справочным значением теплового эффекта реакции нейтрализации.

**Работа 3** «Определение теплоты нейтрализации слабой кислоты сильным основанием». Работу проводят в калориметрическом стакане, отмечая изменение температуры при нейтрализации слабой кислоты сильным основанием. Зная найденную в Работе 1 величину постоянной калориметра, определяют теплоту нейтрализации.

При нейтрализации разбавленного раствора слабой кислоты или слабого основания теплота нейтрализации может отличаться от теплоты образования воды, так как процессу образования воды предшествует диссоциация слабого электролита. Теплота нейтрализации в этом случае складывается из теплоты образования 1 моля воды из ионов  $H^+$  и  $OH^-$  и теплоты диссоциации слабого электролита. Поскольку теплота диссоциации слабого электролита величина отрицательная, то величина теплоты нейтрализации слабого электролита будет меньше, чем теплота нейтрализации сильного электролита.

Следует отметить, что теплоты нейтрализации слабой кислоты сильным основанием отличаются друг от друга в зависимости от конкретной кислоты в отличие от практически постоянных значений теплот нейтрализации при взаимодействии сильных электролитов.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 10. Влияние различных факторов на гидролиз солей**

**Цель:** исследовать гидролиз солей как обратимый процесс, выявить влияние температуры и концентрации на смещение химического равновесия; научиться писать ионные и молекулярные уравнения реакций гидролиза и определять среду в водном растворе соли.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Гидролиз солей»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать определение типов гидролиза в соответствии с природой солей, знать среду водного раствора соли с точки зрения протекания или отсутствия процесса гидролиза, знать зависимость степени гидролиза от температуры и концентрации соли в водном растворе.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с едкими веществами.

### **Методические рекомендации**

**Работа 1** «Изучение влияния природы соли на процесс гидролиза» предлагает к изучению четыре соли различной природы. В ходе простых опытов с использованием универсальной индикаторной бумаги определяется соответствие типа гидролиза соли и рН ее водного раствора.

Гидролизуемость соли, тип гидролиза определяется на основании анализа природы соли, то есть того, какими по силе электролитами – кислотами и основаниями – соли образованы. Изучение реакций гидролиза позволяет систематизировать и обобщить знания учащихся о свойствах кислот, оснований и солей с позиций теории электролитической диссоциации, вспомнить сильные и слабые кислоты и основания. Акцентируйте внимание учащихся на то, что в большинстве случаев процесс гидролиза является обратимым.

Обратите внимание учащихся, что при выполнении виртуального опыта предметное стекло с индикаторной бумагой лучше располагать на краю лабораторного стола.

Определение рН с использованием цветовой шкалы для универсальной индикаторной бумаги позволяет определить величину рН растворов исследуемых солей с точностью до целых. При этом для раствора хлорида натрия получается рН 6, хотя можно было ожидать нейтральное значение рН=7. Следует объяснить учащимся, что значение рН может быть несколько занижено вследствие поглощения углекислого газа из атмосферы. Кроме того, известно, что рН дистиллированной воды находится в диапазоне значений рН 5,5 – 6,5.

В Лабораторном журнале предлагается составить сокращенные ионные уравнения реакций гидролиза для изучаемых солей. Обратите внимание учащихся, что сокращенные ионные уравнения дают представление о среде водного раствора гидролизующейся соли. Так, в растворах солей, гидролизующихся по катиону, среда кислая за счет наличия в растворе избытка ионов  $H^+$ , а в растворах солей, гидролизующихся по аниону, щелочная среда за счет избыточного количества ионов  $OH^-$ .

А вот среда в водных растворах солей, обратимо гидролизующихся по катиону и аниону, зависит от соотношения констант диссоциации тех слабых электролитов, которые образуются в результате гидролиза. Для раствора соли ацетат аммония мы имеем нейтральную среду, поскольку константы диссоциации водного раствора аммиака и уксусной кислоты равны между собой.

В поле Заметки рекомендуется определить соответствие природы соли и типа ее гидролиза.

**Работа 2** «Зависимость степени гидролиза от концентрации соли»

Эта работа дает представление о зависимости степени гидролиза соли от ее концентрации на примере определения степени гидролиза растворов карбоната натрия с разными концентрациями:  $C_1=0,1$  моль/л,  $C_2=0,01$  моль/л.

В этой работе велика роль математической составляющей, поэтому перед выполнением работы необходимо объяснить учащимся основы тех вычислений, которые им предстоит выполнить [7].

Во-первых, напишите на доске формулу для ионного произведения воды:

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-], \quad (1)$$

где  $[H^+]$  – равновесная концентрация катионов водорода;

$[OH^-]$  – равновесная концентрация анионов гидроксила.

Ионное произведение воды при  $T=25^{\circ}C$ :  $K_w = 1 \cdot 10^{-14}$

Исходя формулы для  $K_w$  можно по известному значению  $[H^+]$  определить неизвестное значение  $[OH^-]$  и наоборот. То есть

$$[OH^-] = K_w / [H^+] \quad (2)$$

Во-вторых, запишите на доске формулу для вычисления концентрации катионов водорода по измеренному значению pH:

$$[H^+] = 10^{-pH}. \quad (3)$$

Для тренировки можно разобрать пример: определите концентрации  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  в растворе с  $pH = 10,82$ .

Решение: По формуле (3) определяем величину

$$[H^+] = 10^{-10,82} = 1,5 \cdot 10^{-11} \text{ моль/л.}$$

*Обратите внимание учащихся на то, что десятичная дробь записывается с точностью до десятых (такая точность заложена в требованиях к ВЛПР) и не начинается с 0, а показатель степени должен быть целым отрицательным числом.*

Теперь по формуле (2) определяем величину  $[OH^-]$ :

$$[OH^-] = 1 \cdot 10^{-14} / 1,5 \cdot 10^{-11} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

Если подобные вычисления практиковались на уроках химии, то данный этап подготовки к выполнению ВЛПР можно пропустить.

Один из важных моментов в этой работе – измерение pH с помощью pH-метра. В ходе работы есть описание правил работы с pH-метром. Обратите внимание учащихся, что начинают с измерения pH в более разбавленном растворе.

Очень важно акцентировать внимание учащихся на обратно пропорциональной зависимости степени гидролиза от концентрации соли в растворе. Попросите порассуждать учеников о причинах подобной зависимости.

**Работа 3** «Изучение влияния температуры на процесс гидролиза»

В опыте проводят измерение рН раствора хлорида цинка при разных температурах – 20<sup>0</sup>С и 50<sup>0</sup>С. Записывают рН при двух температурах и анализируют полученные данные.

Хлорид цинка – соль, гидролизующаяся по катиону. Известно, что чем меньше величина рН, тем больше концентрация катионов Н<sup>+</sup>, и, следовательно, тем большее количество катионов цинка вступает в реакцию взаимодействия с водой.

Обратите внимание учащихся, что процесс гидролиза является эндотермическим, поэтому при нагревании, согласно принципу Ле Шателье, равновесие смещается в сторону прямой реакции. Проведение данного опыта позволяет учащимся применить знания, полученные при изучении химического равновесия, для объяснения направленности протекания процессов гидролиза солей.

Представленная ВЛПР может быть выполнена в качестве подготовки учащихся к реальной лабораторной работе во внеурочное время.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 11. Изучение окислительно-восстановительных реакций**

**Цель:** изучить окислительно-восстановительные процессы, протекающие между веществами, в том числе между представителями разных классов соединений, оценить влияние среды на особенности протекания этих процессов, исследовать изменение рН растворов при их протекании.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Окислительно-восстановительные реакции»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать правила вычисления степеней окисления атомов в молекулах и ионах, уметь записывать электронный баланс к уравнениям окислительно-восстановительных реакций, знать понятия окислитель, восстановитель, процессов окисления и восстановления, знать основные окислители и восстановители.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с белым фосфором, с едкими веществами (кислотами и щелочами).

### **Методические указания.**

Для оптимизации времени выполнения лабораторной работы можно рекомендовать учащимся в качестве домашнего задания ознакомиться с видеороликом и теоретическим вступлением по теме.

**Работа 1** «Взаимодействия перманганата калия с простыми и сложными веществами-восстановителями». Перед выполнением лабораторной работы следует задать

вопрос учащимся: почему перманганат калия проявляет свойства окислителя. С чем это связано? Вспомнить продукты восстановления перманганата калия в различных средах (кислотной, нейтральной и щелочной). При выполнении заданий в лабораторном журнале для расстановки коэффициентов в уравнениях окислительно-восстановительных реакций следует писать электронный баланс в рабочей тетради.

Опыт №1 посвящен взаимодействию меди с подкисленным серной кислотой перманганатом калия. После проведения опыта учащиеся в поле «Заметки» должны записать наблюдения с объяснениями химической сути протекающей реакции. Например, раствор обесцветился вследствие восстановления перманганат-аниона до практически бесцветного катиона  $Mn^{2+}$  и приобрел голубую окраску, поскольку металлическая медь окислилась до катиона  $Cu^{2+}$ .

Опыт №2 рассматривает взаимодействие перманганата калия с белым фосфором. Напомните ученикам, что белый фосфор имеет формулу  $P_4$ . Он весьма ядовит и реакционноспособен, поэтому работу с белым фосфором необходимо вести в вытяжном шкафу, используя очки и перчатки.

Опыт №3 представляет реакцию взаимодействия оксида меди(I) с перманганатом калия. Учащиеся проводят виртуальный опыт и записывают наблюдения в лабораторный журнал.

**Работа 2 «Влияние типа среды на реакцию взаимодействия перманганата калия с сульфитом натрия»**

В теоретическом вступлении рассматривались пути восстановления перманганата калия. В опытах учащиеся проводят реакцию между  $KMnO_4$  и сульфитом натрия в разных средах. Можно задать вопрос: в какой среде перманганат калия является более сильным окислителем? На основании чего можно сделать такой вывод?

Эту лабораторную работу имеет смысл провести в реальной лаборатории. Простота выполнения эксперимента и доступность реактивов позволяет это сделать. Выполнив виртуальный опыт по восстановлению перманганата калия в разных средах и поняв его сущность, учащиеся осознанно смогут выполнить аналогичный эксперимент в реальных условиях.

**Работа 3 «Изучение типа среды до и после протекания окислительно-восстановительной реакции»**

Проводятся реакции, в результате которых изменяется среда растворов. Изменение среды фиксируется с помощью универсальной индикаторной бумаги.

Эта работа так же, как и предыдущая, может быть выполнена в реальной лаборатории. Учащиеся могут выполнить виртуальную лабораторную работу в качестве подготовки

дома. Записать в рабочую тетрадь все описанные в опыте реакции с приведением электронного баланса. А затем выполнить ее в лаборатории.

В этой лабораторной работе следует обратить внимание учащихся на наблюдения, в соответствии с которыми они делают выводы о полученных в результате реакции веществах. Установление причинно-следственных связей – способ формирования исследовательских умений на уроках химии.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 12. Изучение свойств простых веществ и соединений, образованных *p*-элементами**

**Цель:** изучить свойства *p*-элемента серы и ее соединений, исследовать, какие свойства они проявляют в окислительно-восстановительных реакциях и в процессах, протекающих без переноса электронов.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Свойства серы и ее соединений»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать физические и химические свойства серы и соединений с различными степенями окисления серы.

**Меры безопасности.** Опыты проводят в вытяжном шкафу с соблюдением правил техники безопасности при работе с едкими веществами. При попадании азотной кислоты на кожу следует промыть этот участок водой и обработать раствором пищевой соды.

### **Методические указания.**

Перед выполнением лабораторно-практической работы учитель обсуждает с учащимися положение серы в периодической системе химических элементов и на основании этого определяет совместно с учащимися возможные степени окисления серы в соединениях. В лабораторной работе закрепляются навыки написания окислительно-восстановительных реакций и уравнивания с использованием метода электронного баланса.

### **Работа 1 «Изучение окислительно-восстановительных свойств серы»**

Работа включает два опыта, в которых сера проявляет как окислительные, так и восстановительные свойства. Оба опыта следует проводить в вытяжном шкафу.

В опыте 1 рассматривается взаимодействие серы с порошком цинка. Обратите внимание учащихся, что сера – это порошок желтого цвета. В реакциях с металлами сера проявляет свойства окислителя. Реакция с цинком сопровождается выделением большого количества тепла, то есть является экзотермической.

Опыт №2 показывает взаимодействие серы с концентрированной азотной кислотой. Следует обратить внимание учащихся, что для нагревания пробирки используется пробиркодержатель. Для равномерности нагревания пробирку постоянно перемещают в пламени горелки. В этом опыте можно наблюдать качественное подтверждение образования продукта восстановления азотной кислоты –  $\text{NO}_2$ , газа бурого цвета, и продукта окисления серы – серной кислоты по реакции с хлоридом бария.

### **Работа 2 «Изучение свойств соединений серы в степени окисления -2»**

Опыт №1 рассматривает одну из качественных реакций на сульфиды – взаимодействие с сильными кислотами, в результате которого выделяется сероводород. Выделение именно этого газа с неприятным запахом фиксируют по изменению окраски фильтровальной бумаги, смоченной раствором нитрата свинца.

Опыт №2 посвящен восстановительным свойствам соединений серы -2 в реакциях с перманганатом калия и хлоридом железа (III). Перед выполнением этого опыта учитель может обсудить с учениками продукты проводимых окислительно-восстановительных реакций, чтобы процесс выполнения работы был более осознанным и сопровождался минимальным количеством ошибок.

В поле «Заметки» учащиеся вносят свои наблюдения в процессе выполнения виртуального эксперимента.

### **Работа 3 «Изучение окислительных свойств концентрированной серной кислоты».**

Концентрированная серная кислота относится к кислотам-окислителям, поскольку содержит в своем составе серу в максимальной степени окисления. Основным продуктом восстановления концентрированной серной кислоты при взаимодействии с простыми и сложными веществами является сернистый газ  $\text{SO}_2$ .

Опыт №1 демонстрирует растворение фосфора в концентрированной серной кислоте при нагревании. Пробирка с реакционной смесью наклонена для более равномерного прогрева. Газоотводная трубка погружена в раствор баритовой воды ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ) для качественного определения выделяющегося сернистого газа. Этот опыт обычно не проводят в условиях школьной лаборатории, поэтому его включение в эту виртуальную работу позволит учащимся познакомиться с особенностями выполнения эксперимента, с правилами техники безопасности, позволит расширить свои знания о свойствах соединений серы.

Опыт №2 показывает различие окислительных свойств разбавленной и концентрированной серной кислоты. Концентрированная серная кислота как кислота-окислитель будет реагировать даже с такими малоактивными металлами, как медь. Разбавленная серная кислота не относится к кислотам-окислителям и с медью, стоящей в ряду напряжений правее водорода, реагировать не будет даже при нагревании.



Следует обратить внимание учащихся на цвет продукта растворения меди в небольшом количестве концентрированной серной кислоты. Безводный  $\text{Cu}^{2+}$  бесцветен, а гидратированный  $\text{Cu}^{2+} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  имеет голубую окраску. Мы видим образование белого вещества с незначительным голубым оттенком, так как концентрированная серная кислота обладает сильным водоотнимающим действием. Если в школьной лаборатории есть безводный сульфат меди (II)  $\text{CuSO}_4$  и медный купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , то интересно было бы показать эти вещества учащимся для сравнения цвета этих кристаллических веществ.

### **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 13. Изучение свойств простых веществ и соединений, образованных d-элементами**

**Цель:** изучить свойства простых веществ, образованных важнейшими d-элементами, и их соединений на примере хрома; исследовать, какие свойства они проявляют в окислительно-восстановительных реакциях и в процессах, протекающих без переноса электронов.

**Форма.** Виртуальная лабораторно-практическая работа, состоящая из 3-х работ с серией опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа выполняется при изучении темы «Свойства переходных металлов. Свойства хрома и его соединений»

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать особенности электронного строения атома хрома, связанные с «проскоком» электрона с 4s на 3d-подуровень; знать физические и химические свойства хрома и его соединений в степенях окисления +2, +3, +6.

**Меры безопасности.** Знать правила работы с кислотами, щелочами и легко воспламеняющимися жидкостями, со спиртовкой, с хроматом и дихроматом калия.

#### **Методические указания.**

В лабораторный журнал в поле «Заметки» учащиеся должны записывать свои наблюдения в ходе виртуальных опытов с химическим обоснованием наблюдаемых явлений. При написании уравнений окислительно-восстановительных реакций в лабораторном журнале виртуальной лабораторной работы рекомендуется записать электронный баланс в рабочей тетради по химии, чтобы правильно расставить стехиометрические коэффициенты в уравнении.

**Работа 1** «Получение и изучение свойств соединений хрома(II)». В разделе Теория было сказано, что соединения двухвалентного хрома можно получить только в инертной среде, то есть без доступа кислорода. В качестве такой реакционной среды в опытах по получению и исследованию свойств соединений хрома  $2+$  используют бензин.

Опыт №1 рассказывает о взаимодействии металлического хрома с соляной кислотой под слоем бензина. В этом опыте важно фиксировать окраску полученной соли – хлорида хрома (II). Хром 2+ в растворе имеет голубую окраску.

Опыт №2 посвящен получению гидроксида хрома (II) и изучению его свойств. В качестве комментариев к этому опыту следует напомнить учащимся, что оксид и гидроксид хрома (II) являются основными соединениями с ярко выраженными восстановительными свойствами. Обратите внимание на цвет гидроксида хрома (II). Спросите учащихся, чем, по их мнению, в опыте доказывалась основность свойств гидроксида хрома (II), а чем – его восстановительные свойства. В данном опыте весьма наглядно представлены эти свойства благодаря тому, что соединения хрома разнообразно окрашены.

В целом, наглядность является основным приемом для установления учащимися логической цепочки, касающейся определенного химического превращения.

### **Работа 2 «Получение и изучение соединений хрома (III)».**

Опыт №1 демонстрирует реакцию взаимодействия хрома с соляной кислотой на воздухе. Получение хлорида хрома (III) можно определить по сине-фиолетовой окраске раствора. Обсудите, можно ли получить хлорид хрома (II) при растворении хрома в соляной кислоте на воздухе.

Опыт №2 посвящен получению гидроксида хрома (III) и доказательству его амфотерности. Обсудите с учащимися понятие «амфотерность». В чем заключаются амфотерные свойства гидроксида хрома (III)?

Отметьте цвет осадка  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и цвет полученных растворов при его растворении в соляной кислоте и растворе гидроксида натрия.

Опыт №3 рассматривает гидролиз солей хрома. Хлорид хрома (III) гидролизуются по катиону ступенчато. В лабораторном журнале нужно записать реакцию обратимого гидролиза этой соли по 1-ой ступени. Следует обсудить вопросы:

- по какому иону гидролизуются хлорид хрома (III) и чем это определяется?
- какая среда в растворах солей, гидролизующихся по катиону?

Отметьте цвет универсальной индикаторной бумаги при погружении ее в раствор хлорида хрома.

Далее в опыте рассматривается реакция взаимно усиленного гидролиза при взаимодействии растворов хлорида хрома(III) и сульфида натрия. Желательно перед проведением опыта обсудить вопрос, в каком случае реакции гидролиза солей идут необратимо? Какие продукты образуются в результате необратимого гидролиза сульфида хрома(III)? Как доказывается выделение сероводорода в этой реакции? Как определяют, что выделившийся осадок –  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ?

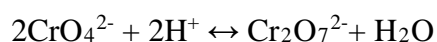
**Работа 3** «Получение соединений хрома +6 и изучение их свойств». В работе представлены три опыта.

Перед проведением виртуальной лабораторной работы желательно обсудить формы Cr +6 в водных растворах в зависимости от pH: хромат- и дихромат-анионы. Хромат  $\text{CrO}_4^{2-}$ , желтого цвета, устойчив в щелочной среде, а дихромат  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , оранжевого цвета, устойчив в кислой среде.

Обсудите, какие свойства проявляют соединения шестивалентного хрома в окислительно-восстановительных реакциях и почему. В какой среде соединения хрома +6 проявляют наиболее сильные окислительные свойства?

Опыт №1. Гексагидроксохромат натрия окисляется пероксидом водорода в щелочной среде. Отметьте цвет образующегося вещества в растворе. Какое вещество образуется? На основании наблюдений в ходе реакции учащиеся должны сделать вывод о продукте окисления гексагидроксохромата натрия.

Опыт №2 рассматривает равновесие между хроматом и дихроматом в различных средах. Рассмотрите уравнение реакции:



Обсудите с учащимися, как с помощью принципа Ле Шателье объяснить преобладание хромата в щелочной среде, а дихромата – в кислой среде.

Опыт №3. Окислительные свойства дихромата калия. Изучают окислительные свойства дихромата калия в сернокислой среде. Обсудите с учащимися, можно ли использовать для подкисления дихромата калия соляную кислоту.

В качестве восстановителей используют кристаллический сульфит натрия и раствор иодида калия. В подобных сложных реакциях рекомендуется сначала вместе с учителем спрогнозировать продукты реакции, их цвет и агрегатное состояние в растворе, а затем уже выполнять виртуальный опыт. В этом случае проведение эксперимента будет более осознанным.

Применительно к этому опыту целесообразно повторить, что наиболее устойчивыми для хрома являются степени окисления +3 и +6. В опыте №2 наблюдали окисление соединения хрома +3 в соединение хрома +6. В опыте №3 наблюдают восстановление хрома +6 до хрома +3.

В заданиях к лабораторной работе и в контрольных заданиях есть ОВР, которые следует уравнивать методом электронного баланса.

Данная виртуальная лабораторная работа может быть выполнена во внеурочное время в качестве подготовки к реальной лабораторной работе или в качестве контроля в завершении темы по изучению свойств хрома и его соединений.

## **Заключение**

Представленные ВЛПР охватывают широкий спектр вопросов и тем из разных областей химии. Их выполнение позволяет значительно расширить представления учащихся о практической химии, применить теоретические знания к решению прикладных задач, познакомить учащихся с оборудованием химической лаборатории и его назначением, с некоторыми методами исследования физико-химических процессов.

Привлечение подобного ресурса к процессу обучения повышает интерес учащихся к предмету и способствует лучшему освоению материала школьного курса по химии.

## Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Приложение к приказу Министерства просвещения Российской Федерации от 21 мая 2021 года №287.
2. ГОСТ Р 57721-2017 Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Эксперимент виртуальный.
3. Жилин Д.М. Замена реального химического эксперимента виртуальным: зарубежный опыт. / Г.В. Лисичкин (ред.) Естественнонаучное образование: информационные технологии в высшей и средней школе. М., МГУ, 2019. — С. 147-166.
4. Дорофеев М.В., Нагин Н.А., Луцкай М.Г. Мотивационный ресурс виртуальной химической лаборатории. // Химия в школе, 2008, № 9. — С. 60-67.
5. Оржековский П.А., Степанов С.Ю., Мишина И.Б. Развитие и оценка творческих способностей учащихся на уроках в условиях нарастающей цифровизации образования // Непрерывное образование: XXI век. 2020. — Вып. 3 (31). — DOI: 10.15393/j5.art.2020.6044
6. Аралбаева Б.А. «Использование виртуальной лаборатории на уроках химии» <https://infourok.ru/statya-ispolzovanie-virtualnoj-laboratorii-na-urokah-himii-5093860.html>
7. Смарыгин, С. Н. Неорганическая химия. Практикум: учебно-практическое пособие для среднего профессионального образования / С. Н. Смарыгин, Н. Л. Багнавец, И. В. Дайдакова. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 414 с.