



Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

**ИНСТИТУТ СТРАТЕГИИ  
РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ**

**Методические рекомендации  
к интерактивным виртуальным лабораторным и практическим работам  
по предметам, изучаемым на углубленном уровне  
основного общего образования**

**ХИМИЯ**

**Москва, 2021**

УДК 372.854

ББК 74.262.4

Методические рекомендации к интерактивным виртуальным лабораторным и практическим работам по предметам, изучаемым на углубленном уровне основного общего образования. Химия. — М.: ИСРО РАО, 2021. — 77 с.

В пособии представлены основные подходы к организации познавательной деятельности учащихся с применением виртуальных лабораторных и практических работ по химии. Описаны модели сочетания реального и виртуального экспериментов, даны методические рекомендации для использования виртуального эксперимента на уроках химии и во внеурочное время.

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

© Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Институт стратегии развития образования Российской академии образования», 2021

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ.....	4
<b>I. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ В ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СРЕДЕ.....</b>	<b>6</b>
1. Преимущества работы в виртуальной лаборатории.....	6
2. Типология виртуального эксперимента в соответствии с учебными целями.....	9
2.1. Виртуальный эксперимент в форме лабораторного опыта.....	10
2.2. Виртуальный эксперимент в форме практического занятия.....	11
2.3. Виртуальный эксперимент в форме решения экспериментальных задач.....	13
2.4. Исследовательский подход как форма получения новых знаний.....	14
<b>II. ИНТЕГРАЦИЯ РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.....</b>	<b>17</b>
1. Параллельное проведение реального и виртуального экспериментов.....	20
2. Виртуальный эксперимент предваряет реальный.....	24
3. Виртуальный эксперимент следует за реальным.....	27
4. Виртуальный эксперимент полностью вытесняет реальный.....	29
5. Виртуальный эксперимент проводится независимо от реального.....	30
6. Формы выполнения виртуального эксперимента.....	34
<b>III. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.....</b>	<b>35</b>
РАБОТА 1. Способы разделения смесей.....	35

РАБОТА 2. Вещества и химические реакции. Составление моделей молекул веществ и моделирование химических реакций с использованием молекулярного конструктора.....	38
РАБОТА 3. Получение кислорода и изучение его свойств.....	40
РАБОТА 4. Получение водорода и изучение его свойств.....	44
РАБОТА 5. Решение экспериментальных задач по теме «Основные классы неорганических соединений».....	47
РАБОТА 6. Амфотерные соединения.....	50
РАБОТА 7. Изучение окислительно-восстановительных реакций.....	53
РАБОТА 8. Скорость химической реакции. Зависимость скорости от различных факторов.....	57
РАБОТА 9. Электролитическая диссоциация.....	60
РАБОТА 10. Гидролиз солей.....	64
РАБОТА 11. Химическое равновесие, тепловой эффект химических реакций.....	67
РАБОТА 12. Реакции ионного обмена в растворах электролитов.....	71
РАБОТА 13. Железо и его соединения.....	74
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>76</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предлагаемые интерактивные виртуальные лабораторные и практические работы — это обучающая среда, которая средствами компьютерной интерактивной визуализации позволяет школьникам моделировать реальный эксперимент, проводить учебные исследования. 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 [13].

Обучение школьников методам самостоятельного получения новых знаний, методам научного познания — это центральные элементы современной системы естественно-научного образования. Их роль как системообразующих элементов особенно возрастает в условиях реализации Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ООО), в условиях модернизации отечественного школьного химического образования, в условиях, создаваемых образовательными организациями для изучения химии на углубленном уровне уже в 8–9 классах. Фактически реализация требований ФГОС ООО — это следование идее, сформулированной Д. И. Менделеевым: «... то образование, в котором нет этого соединения абстрактного с конкретным, где есть только перечисление узанных рецептов, не может быть почитаемо...» [8. С. 247.].

Вместе с тем важно понимать, что в естественных науках все теоретические знания являются результатом анализа и обобщения реальных экспериментальных данных. Эксперимент, проведенный в реальных условиях, это и единственно достоверный критерий истинности знаний. Реальный эксперимент в условиях школьной лаборатории — основной метод изучения химии. Он должен применяться на всех этапах обучения предмету: для актуализации имеющихся и для получения новых знаний, для их обобщения и

закрепления, для контроля. Реальный химический эксперимент — фактически единственное средство обучения, которое позволяет создать условия для развития у обучающихся умения выявить учебную проблему, определить цель, сформулировать гипотезу, проверить ее на практике и сделать выводы. Кроме того, реальный химический эксперимент имеет огромный мотивационный потенциал, формирует у школьников устойчивый познавательный интерес к предмету, положительное отношение к естественным наукам в целом.

Согласно ГОСТу Р 57721-2017, виртуальным называется эксперимент, основанный на технологиях мультимедиа, эмуляции, виртуализации и виртуальной реальности, способный полностью или частично заменить аналогичный традиционный натурный эксперимент [3]. Очевидно, что виртуальный эксперимент не может и не должен стать заменой реальному. Но тогда возникают резонные вопросы о роли и месте современных компьютерных технологий в образовательном процессе. Как правильно использовать дидактические и методические возможности предлагаемых виртуальных лабораторных и практических работ? Способствует ли их применение повышению педагогической эффективности урока химии? Ответам на эти вопросы посвящены данные методические рекомендации.

Приходится констатировать, что в отечественной научной и научно-методической литературе практически отсутствуют данные педагогических исследований эффективности применения виртуальных лабораторий в обучении химии, интерактивных компьютерных моделей реальных химических процессов. Поэтому при разработке методических рекомендаций приходится исходить из базовых, главным образом, общих подходов к использованию технических средств обучения химии, опираться на логические представления о целесообразности применения этих средств и имеющийся опыт работы в школе, в системе повышения квалификации и профессиональной переподготовки учителей. Существенным вкладом в развитие данных рекомендаций послужила интерпретация опыта

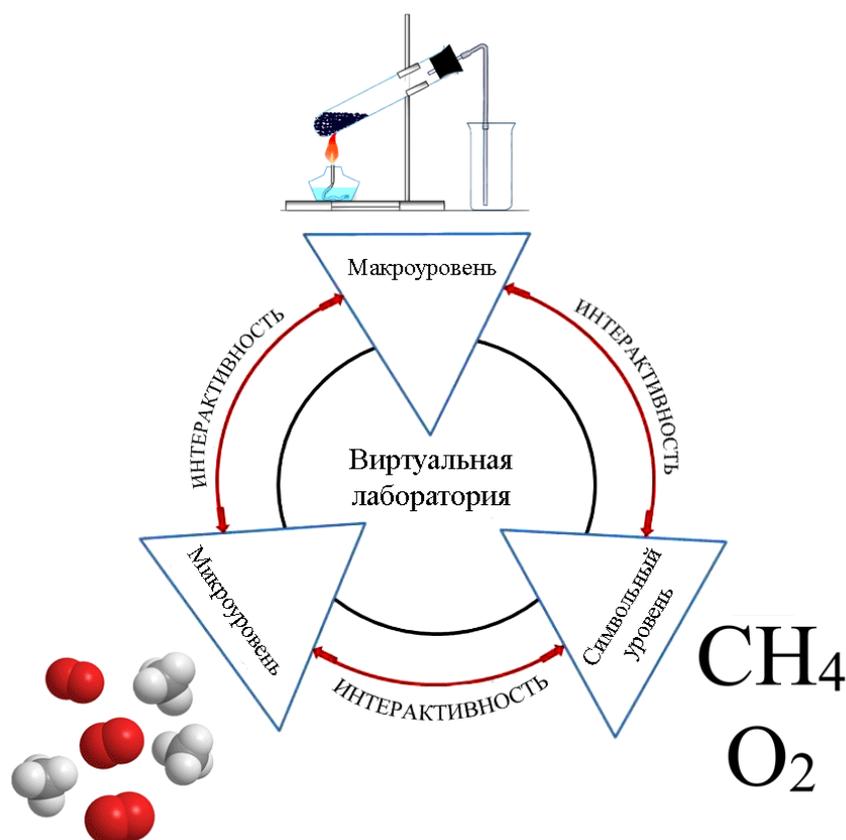
использования виртуальных лабораторий и интерактивных моделей реальных процессов при обучении физике и биологии.

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

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

При всей важности реального химического эксперимента, его ведущей роли на уроке, необходимо понимать, что учителя химии по-прежнему сталкиваются со многими проблемами, такими как нехватка расходных материалов, лабораторного оборудования и реактивов, опасность некоторых опытов для жизни и здоровья школьников. Вместе с тем данные, представленные в педагогической литературе [1, 4, 5], показывают, что интеграция информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), таких как моделирование, анимация, видео и визуализация, с реальной практической работой является эффективной. К преимуществам работы в виртуальных лабораториях можно отнести следующие.

1. Возможность изучать процессы, используя трехуровневую визуализацию: моделирование процессов на макроуровне (лабораторное оборудование, промышленные установки), на микроуровне (на уровне атомов, молекул, ионов) и на символическом уровне (химические формулы, уравнения химических реакций) (см. Рисунок 1).



**Рисунок 1.** Три уровня визуализации исследуемых процессов и роль виртуальной лаборатории как центрального элемента интерактивности

2. Возможность исследовать процессы независимо от скорости их протекания. Например, реакции, протекающие как за доли секунды, так и длящиеся в течение нескольких лет.
3. Возможность организации деятельности школьников в практически любом удобном месте и в любое время. Например, самостоятельная работа обучающихся дома при подготовке к урокам. Возможность многократного повторения опытов.
4. Возможность проведения экспериментов с использованием оборудования, недоступного в школьной лаборатории. Например, проведение опытов, требующих нагревания веществ до высоких температур, использования высоких давлений.
5. Полная безопасность проведения экспериментов даже в случае использования токсичных реактивов неподготовленными пользователями.

6. Возможность демонстрации «виртуальных реакций» при организации фронтальной работы в классе позволяет экономить учебное время на уроке.

Представленным в настоящем практикуме интерактивным виртуальным лабораторным и практическим работам присущи определенные дидактические и методологические функции:

— это средства наглядности, используемые при формировании новых знаний, их обобщении и систематизации;

— это средства формирования познавательных умений, таких как объяснение наблюдаемых изменений, классификация и обобщение фактов, интерпретация полученных результатов, выдвижение гипотезы, планирование модельного эксперимента для проверки гипотезы и его проведение, формулировка выводов на основе проведенных исследований в виртуальной лаборатории;

— это средства контроля уровня сформированности знаний и умений обучающихся.

Умение спланировать химический эксперимент, который бы позволил решить учебную проблему, изучить рассматриваемый процесс, может формироваться как в реальной, так и в виртуальной лаборатории практически в одинаковой степени:

— в обоих случаях у обучающихся побуждаются сходные мыслительные процессы;

— и реальная установка, и виртуальная обеспечивают обратную связь, необходимую для проверки выдвинутой гипотезы, ее корректировки, исправления ошибок.

Безусловно, виртуальная модель существенно проще ее реального прообраза, который богаче по своим свойствам и их проявлениям. Принимать решения в виртуальной лаборатории существенно проще и менее ответственно. Поэтому реальный эксперимент не может быть заменен виртуальным.

## 2. Типология виртуального эксперимента в соответствии с учебными целями

В зависимости от поставленных учебных целей можно выделить четыре типа виртуального химического эксперимента (см. Таблицу 1).

**Таблица 1. Типология виртуального химического эксперимента в соответствии с учебными целями**

Тип (вид) виртуального эксперимента	Учебные цели	Примеры
Лабораторный опыт	Получение новых знаний, формирование экспериментальных умений.	Выделение порошка мела из водной суспензии. Разделение водной эмульсии подсолнечного масла. Получение гидроксида натрия гидролизом феррита натрия.
Практическое занятие	Совершенствование, закрепление и систематизация знаний, совершенствование экспериментальных умений.	Получение кислорода и изучение его свойств. Получение водорода и изучение его свойств.
Экспериментальные задачи	Обобщение и систематизация знаний, их контроль и коррекция, диагностика сформированности экспериментальных умений.	Распознавание растворов электролитов с помощью качественных реакций на ионы.

Исследовательская работа	Формирование исследовательских умений: выявление проблемы, выдвижение гипотезы, целеполагание и целеисполнение, интерпретация полученных результатов, рефлексия; получение новых знаний в процессе самостоятельного исследования; овладение методологией научного творчества.	Конструирование свинцового аккумулятора. Конструирование водородного топливного элемента на полимерной мембране.
--------------------------	---	--

## 2.1. Виртуальный эксперимент в форме лабораторного опыта

Виртуальный эксперимент в форме лабораторного опыта — это один из эффективных методов получения новых знаний. Школьники моделируют явления реального мира на макроскопическом уровне, собирают несложные приборы и установки, «запускают» в них физические и химические процессы. От юных исследователей требуется применить имеющиеся знания для объяснения и интерпретации наблюдаемых изменений. Вместе с тем подобная форма деятельности активизирует мыслительные процессы, связанные с построением новых знаний. Взаимодействие с интерактивными моделями реального мира связано со структурированием и реструктурированием информации. Ученики двигаются к достижению осознаваемой цели,

располагая элементы имеющейся, освоенной ими информации, выявляя дефициты и пробелы в знаниях.

Предлагаемые интерактивные виртуальные лабораторные и практические работы позволяют учителю подобрать задания таким образом, чтобы учащиеся самостоятельно пришли к пониманию предела имеющихся знаний. Такие задания, связанные с выявлением ученического незнания, актуализируют личностные и интеллектуальные смыслы. Они повышают интерес к самому знанию, создают условия для осознания учебной проблемы, появлению «интеллектуального дискомфорта», который можно рассматривать как мощный стимул решения познавательных задач. В этом случае конструирование новых знаний происходит во время соединения всех информационных частей вместе, их осмысление и переосмысление — в процессе диалога с компьютером с участием одноклассников [9].

## **2.2. Виртуальный эксперимент в форме практического занятия**

Виртуальный эксперимент в форме практического занятия — это эффективный метод совершенствования, закрепления и систематизации знаний. Для выполнения такого практического занятия должно отводиться больше учебного времени по сравнению с виртуальным лабораторным опытом. Практическое занятие в реальной школьной лаборатории может проводиться как по готовой инструкции, предлагаемой ученику в качестве ориентировочной основы деятельности, так и в отсутствии подобной инструкции, т. е. в условиях бóльшей свободы выбора и творчества. В реальных условиях учителя вынуждены выбирать, как правило, первый вариант, ограничивая тем самым самостоятельность школьников. Обычно в инструкции изложен каждый этап выполнения опытов, даны предписания, как избежать возможных ошибочных действий, даны подробные указания по технике безопасности к данной работе. В реальных условиях они нацелены на обеспечение безопасного выполнения эксперимента, на сокращение времени поиска оптимального решения поставленной задачи. Для виртуального

практического занятия подобные ограничения практически отсутствуют, учитель может предложить ученикам полную свободу творчества, не ограничивая их самостоятельную познавательную активность.

Вместе с тем важно отметить, что предлагаемые интерактивные виртуальные лабораторные и практические работы нацелены на создание условий для развития экспериментальных умений школьников. Виртуальная лаборатория — учебная среда, позволяющая школьникам проводить эксперименты индивидуально, повторять их по несколько раз. Приобретенный личный опыт конструирования приборов, например для получения кислорода или водорода в виртуальной среде, может быть применен школьником для решения поставленной задачи в реальных условиях. Причем на более высоком уровне осознанности. После выполнения виртуальных опытов учащиеся увереннее выполняют аналогичные действия в реальных условиях [4].

### **2.3. Виртуальный эксперимент в форме решения экспериментальных задач**

Виртуальный эксперимент в форме решения экспериментальных задач — это метод обобщения и систематизации знаний, который позволяет организовать их диагностику и эффективную коррекцию. В отличие от практического занятия, рассмотренного выше, предлагаемый тип виртуального эксперимента не предполагает наличия подробной инструкции. Учащимся предлагаются учебные задачи, алгоритм решения которых они должны разработать самостоятельно. Учащиеся самостоятельно разрабатывают план эксперимента и осуществляют его в условиях виртуальной лаборатории, получают определенный практический результат, интерпретируют его и делают соответствующий вывод.

В предлагаемых интерактивных виртуальных лабораторных и практических работах предлагаются разнообразные учебные задачи, которые включают актуализацию имеющихся у учащихся знаний, необходимых для достижения цели эксперимента, развитие экспериментальных умений

(аналитических, проектировочных, конструктивных), обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатываются способность и готовность использовать теоретические знания на практике.

Каждый опыт сопровождается подборкой интерактивных заданий и упражнений, позволяющих осуществить автоматизированный контроль подготовленности школьников к решению экспериментальных задач.

#### **2.4. Исследовательский подход как форма получения новых знаний**

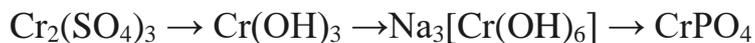
В каждой теме представлен исследовательский эксперимент. Это очень важный элемент содержания, так как он позволяет учащимся приобретать опыт по планированию, организации и проведению эксперимента: умение наблюдать за ходом процесса, самостоятельно прогнозировать его результат, формулировать обобщения и выводы по результатам проведенного исследования, составлять отчет о проделанной работе.

Важнейшая функция исследовательского эксперимента — формирование умений использовать исследовательские задачи в качестве инструмента познания, а также в качестве основы для выдвижения гипотез и их экспериментальной проверки.

Предлагаемые учащимся задания нередко выходят за рамки школьного учебника и не отражены в нем. В этом случае для решения поставленной задачи обучающимся нужно обращаться к различным источникам информации (справочники, химическая литература, ресурсы Интернета). Работая с различными источниками, у обучающихся развиваются умения отбора информации, ее анализа и интерпретации.

Особенностью исследовательского эксперимента в виртуальном пространстве является сужение рамок исследовательской работы. Ученик-исследователь должен исходить только из тех условий, которые предлагаются в работе и заложены в сценарном плане работы. Это ограничивает творческую деятельность школьников, не позволяет проверить все выдвигаемые гипотезы.

В качестве иллюстрации можно привести фрагмент сценарного плана при проведении работы по решению экспериментальных задач в теме «Основные классы неорганических соединений». Учащимся предлагается осуществить цепочку превращений:



Первые две реакции являются известными учащимся и не вызовут особых затруднений. А для перехода гексагидроксохромата (III) натрия в фосфат хрома (III) необходимо выбрать реактив, позволяющий осуществить это превращение. Ученику предлагается ряд веществ, из которых он должен выбрать необходимый реагент:  $\text{MgCO}_3$  (белый порошок),  $\text{Cu}$ ,  $\text{HNO}_3$  концентрированная в склянке, набор реактивов — растворов в баночках с пипеткой:  $\text{HCl}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ .

Из фосфорсодержащих можно выбрать только два вещества — фосфат натрия и фосфорную кислоту. Реакция идет только с фосфорной кислотой. Если он выбирает фосфат натрия, то программа не реагирует на этот выбор. И у ученика нет возможности провести реакцию между выбранными веществами. При выполнении реального эксперимента ученик смог бы убедиться, что данные вещества не взаимодействуют, и попытался бы объяснить, почему не идет реакция.

Виртуальный эксперимент в форме исследовательской работы — это метод формирования у школьников исследовательских умений, получения новых знаний в процессе самостоятельного исследования, овладения методологией научного творчества. В условиях организации деятельности школьников с предлагаемыми интерактивными виртуальными лабораторными и практическими работами рассмотренные дидактические функции виртуального эксперимента могут быть реализованы на двух уровнях.

Первый уровень связан с применением имеющихся знаний в новых, измененных условиях. Исследовательская задача выявляет «когнитивный

конфликт», обостряет противоречия между имеющимися знаниями и фактами, установленными в процессе выполнения опыта. Неважно, что опыт виртуальный, он побуждает у ученика мыслительную деятельность, так как обыденные и научные представления, усвоенные им знания вступают в противоречие со вновь установленными фактами. Противоречие между содержанием виртуального эксперимента и опытом ребенка является необходимым элементом процесса познания. Оно является условием поддержания познавательного интереса, стимулом решения поставленной задачи, движущей силой понимания процесса обнаружения смысла.

Второй уровень связан с применением знаний в условиях неопределенности, неоднозначности учебной задачи, вариативности ее решений. В этом случае очень важно, какие вопросы побуждает у школьника работа в виртуальной лаборатории, обозначен ли в них запрос на новое знание. Рефлексивно-смысловые вопросы, отражающие отношение ученика к содержанию учебной деятельности, выраженные в речевой форме, являются индикатором включенности учащегося в процесс познания. В этих условиях существенно повышается роль учителя как организатора диалога.

Все предлагаемые интерактивные виртуальные лабораторные и практические работы содержат задания, побуждающие ученика к анализу и рефлексии знаний, связанных с жизнью, способами познания, с их субъектным опытом. Знание приобретает свою значимость в том случае, если оно вызывает рефлексию [10].

## **II. ИНТЕГРАЦИЯ РЕАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Формы использования ИКТ в школьном химическом образовании весьма разнообразны. Ниже будут рассмотрены пять возможных вариантов интеграции виртуального эксперимента в учебный процесс. Одним из

наиболее перспективных направлений развития этих моделей является объединение виртуальной лаборатории с реальной практической лабораторией.

В каждой виртуальной лабораторной работе выделены пять блоков.

1. Цель интерактивной виртуальной лабораторной работы, мотивирующая на выполнение работы. В этот блок включены видеоматериалы, иллюстрирующие важность знаний тех или иных процессов и явлений.

2. Краткий план по выполнению интерактивной виртуальной лабораторной работы.

3. Ход выполнения интерактивной виртуальной лабораторной работы, тексты комментариев для обучающегося. В данном блоке представлены четыре лабораторных опыта.

4. Результат интерактивной виртуальной лабораторной работы фиксируется составлением отчета по каждому лабораторному опыту.

5. Контроль представлен в виде тестовых заданий, что обеспечивает автоматизированную проверку результатов.

*Целевой блок* определяется требованиями ФГОС ООО [13] к результатам освоения обучающимися программ ООО [11]. Среди метапредметных результатов освоения обучающимися программы ООО следует выделить межпредметные понятия, которые используются в нескольких предметных областях и позволяют связывать знания из смежных учебных предметов в целостную научную картину мира. Важным элементом целевого блока каждой модели является определение доминанты научного познания.

*Содержательный блок* определяется требованиями ФГОС ООО к результатам освоения ООО по учебному предмету «Химия» на углубленном уровне. Содержание интерактивных виртуальных лабораторных и практических работ ориентировано в первую очередь на применение знаний и умений обучающихся в учебных ситуациях, моделирующих реальные жизненные условия. Одним из ведущих принципов формирования содержательного блока методических моделей совместного использования

реального и виртуального экспериментов является «расширение возможностей» школьной химической лаборатории. Виртуальные опыты не должны дублировать и тем более заменять эксперименты, которые могут быть организованы учителем в реальных условиях. Другой важный принцип отбора — содержание опыта стимулирует, поддерживает и развивает познавательный интерес учащихся к учебной деятельности, формирует у них целостное мировоззрение на основе научного и практического познания устройства мира. Согласно этому принципу, школьникам предлагается разработать модели реально работающих устройств, с которыми они постоянно встречаются в своей жизни, устройств, в которых реализуются новые «экологически безопасные» технологии.

*Процессуальный блок* предполагает организацию познавательной деятельности каждого ученика, его включение в процесс активного самостоятельного познания в образовательной среде интерактивных виртуальных лабораторных и практических работ. Несмотря на то что предлагаемые виртуальные эксперименты предполагают реализацию творческой составляющей, положительный результат возможен только в случае их совместного использования с реальным экспериментом. В зависимости от выбранной модели ученик может использовать виртуальную лабораторию для актуализации и получения необходимых знаний, которые затем он будет самостоятельно использовать при выполнении экспериментов в реальных условиях. Выполняя виртуальные лабораторные опыты, ученик учится анализировать признаки, по которым можно однозначно распознать тип экспериментальной задачи и требуемые для ее решения операции. Затем сформированные умения он совершенствует уже в условиях проведения реальных химических опытов. На начальных этапах изучения темы, выполняя эксперименты в реальных условиях, ученик учится организовать свою деятельность, нацеленную на приобретение и применение знаний. Он приобретает умение решать конкретные учебные задачи. Затем в условиях

виртуальной лаборатории он применяет сформированные умения для решения уже существенно расширенного спектра практических задач.

*Диагностический блок* каждой из методических моделей тоже предполагает совместное использование дидактических возможностей реального и виртуального экспериментов. Предполагается, что в результате освоения программы ООО по предмету «Химия» на углубленном уровне ученик должен уметь осознавать цели эксперимента, понимать инструкцию или условие экспериментальной задачи, устанавливать порядок работы, правильно отбирать реактивы и оборудование, собирать приборы. Эксперимент должен быть проведен с учетом правил безопасности и правил работы с веществами, приборами. По окончании работы цель эксперимента должна быть достигнута, установлены необходимые взаимосвязи при постановке опытов, проведении наблюдения и отражены в выводах. Школьник должен уметь оформлять отчет (письменный или устный) о проведенном эксперименте в различных сочетаниях с практическими действиями. Во время проведения химических опытов и по их завершении следует уделять внимание содержанию рабочего места в порядке.

Можно выделить ключевые критерии оценки сформированности экспериментальных умений обучающихся:

- определение цели работы;
- составление плана эксперимента;
- выбор необходимого оборудования и реактивов в соответствии с поставленными целями;
- полное выполнение эксперимента, доведение его до логического завершения, получение результатов;
- объяснение полученных результатов, формулирование обобщающих выводов;
- соблюдение правил техники безопасности;
- оценивание собственной экспериментальной деятельности, ее рефлексивный анализ.

При организации коллективной формы экспериментальной работы необходимо оценивать умение ученика работать в группе. Насколько он может оказать адекватную помощь участникам группы, ответственно подходить к выполнению задания, проявлять инициативу, выдвигать конструктивные идеи. Важно поощрять не только составление верного, безошибочного плана (алгоритма), но и предложение своего нестандартного варианта решения поставленной задачи.

Предлагаемые интерактивные виртуальные лабораторные и практические работы расширяют возможности диагностического блока методических моделей. Сценарные планы каждой работы предполагают возможность проведения оперативного контроля знаний и умений на трех этапах. Первый этап — диагностика и коррекция знаний непосредственно во время проведения виртуального эксперимента. Второй этап — выполнение контролируемых заданий после проведения каждого опыта. Третий этап — обобщающий и систематизирующий контроль по окончании всей работы.

## **1. Параллельное проведение реального и виртуального экспериментов**

Данная методическая модель предполагает параллельное проведение и виртуального, и реального химических экспериментов. В первую очередь такая модель подходит для организации лабораторных опытов, которые проводятся при изучении нового материала. Создаются новые, интегративные условия, расширяющие возможности для наблюдения, исследования и понимания изучаемых процессов. Активизируется деятельность учащихся, нацеленная на получение новых знаний, формирование экспериментальных умений. Важно учесть, что получение ожидаемых педагогических результатов в рамках реализации модели параллельного проведения реального и виртуального экспериментов требует выполнения следующих дидактических условий:

— общие, единые требования к описанию наблюдений реального и виртуального экспериментов;

- изучение процессов, объединенных только одной дидактической единицей, т. е. структурной частью содержания учебного материала, смысловым элементом учебной темы;
- 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;
- системное использование реальных и виртуальных экспериментов, позволяющих выявить и осмыслить сущность изучаемого химического явления;
- сравнение виртуальной модели и ее реального прототипа, объекта исследования, определение границ применения виртуальной модели изучаемого явления.

Проиллюстрируем рассмотренные подходы конкретными примерами реализации данной методической модели. Так, при изучении темы «Способы разделения смесей» в виртуальной лаборатории предлагается провести следующие лабораторные опыты в рамках практической работы № 1: «Разделение смеси измельченного мела и воды», «Разделение смеси воды и растительного масла», «Разделение смеси, состоящей из поваренной соли и воды», «Разделение смеси ацетона и воды», «Разделение черных чернил». В рамках практической работы № 2 предлагается разделить смесь воды, растительного масла и поваренной соли. Работа № 3 — разделение смеси речного песка, поваренной соли и железных опилок, работа № 4 — разделение смеси этилового спирта, воды и оксида кремния (IV). Предложенные опыты позволяют ученику сформировать представления о следующих способах разделения смесей: отстаивание, декантация, фильтрование, перегонка, выпаривание, кристаллизация, действие магнитом и хроматография. Работы предлагаются ученику для выполнения в определенной логической последовательности, от простого к более сложному, от заданий репродуктивного характера, т. е. от предполагающих работу по строго

определенной инструкции, к продуктивным заданиям, а затем к исследовательским задачам. Учитель по своему усмотрению в зависимости от поставленных задач может выбрать любой удобный вариант организации познавательной деятельности школьников в виртуальной лаборатории, например выбрать не все, а только несколько опытов из числа предлагаемых.

При изучении темы «Разделение смесей» в рамках реализации методической модели параллельного проведения реального и виртуального экспериментов учитель перед уроком ставит следующие учебные задачи:

- закрепить знания о чистых веществах и смесях;
- обучить умению применять знания, полученные при изучении молекулярной теории, для решения практических задач очистки веществ;
- сформировать умения выполнять операции, связанные с фильтрованием (изготовления бумажного фильтра, собирание прибора для фильтрования);
- сформировать знания о способах очистки веществ в химических лабораториях, в промышленности, в быту.

На уроке «Разделение смесей» учащиеся изучают следующие способы: разделение смесей твердых веществ, нерастворимых в воде и различающихся по плотности; разделение твердых растворимых веществ от нерастворимых в воде или в других жидкостях; разделение несмешивающихся жидкостей; перегонка однородной многокомпонентной жидкой смеси. Перед ознакомлением со способами разделения смеси нужно разъяснить значение очистки для научных исследований и для производства многих веществ, применяемых в медицине, в химической и пищевой промышленности.

Деятельность учащихся должна быть организована таким образом, чтобы они самостоятельно приобрели знания о способах выделения чистых веществ из смесей, основанных на различии свойств чистых веществ, входящих в состав этих смесей. На начальном этапе изучения этой темы школьники обучаются разделять неоднородные механические смеси, которые состоят из веществ, нерастворимых в воде и значительно отличающихся по плотности. Примером таких смесей может быть смесь древесных опилок с

медными опилками или песком. Так как учащимся известно, что древесные опилки и медные опилки различны по плотности и нерастворимы в воде, то они могут сами предложить способ разделения этих смесей, учитель в качестве иллюстрации к сказанному демонстрирует этот опыт.

На следующем этапе урока школьники узнают, что на разности плотностей компонентов смеси основан способ отделения золота от песка промыванием смеси струей воды, а также отделение каменного угля от пустой породы при обогащении углей. Чтобы учащиеся глубже поняли принцип описанного способа разделения смеси, целесообразно провести виртуальные лабораторные опыты по разделению двухкомпонентных смесей (интерактивная практическая работа № 1). При выполнении виртуальных экспериментов ученики обращают внимание на то, что вода в этих случаях не взаимодействует с разделяемыми веществами.

После выполнения контролирующих заданий, предлагаемых в интерактивной работе № 1, учитель переходит к обсуждению способов разделения трехкомпонентных смесей, к практической работе № 2. Учащиеся обращают внимание на роль воды при разделении смеси, состоящей из растворимых и нерастворимых веществ. Не вдаваясь в подробности процесса растворения, важно отметить, что под действием молекул воды растворимое вещество измельчается до таких частиц, которые проходят через фильтр, а крупные частицы нерастворяющегося вещества задерживаются на нем.

На этапе обобщения полученных знаний учащиеся самостоятельно формулируют следующие выводы:

- фильтрование основано на использовании пористых материалов, через поры которых проходит жидкость и задерживаются крупинки твердого вещества, превосходящие по своим, размерам частицы, из которых состоит жидкость;
- для прохождения фильтруемой смеси через фильтр должна быть разность давления на фильтруемую смесь и на прошедшую через жидкость — на фильтрат.

Очень важно установить связь в изучении этих процессов с личным жизненным опытом учащихся, следует предложить им рассказать о том, что они знают о фильтровании, рассмотреть процеживание молока, пропускание мутной воды через песок, фильтрование через бумажный фильтр. При обсуждении этих примеров учащиеся обсуждают между собой зависимость величины проходящих через фильтр частиц от диаметра пор. Сложней добиться обобщенных знаний учащихся о причинах прохождения жидкости через поры фильтра, несмотря на то, что в курсе физики формируются понятия и об атмосферном давлении, и о силе тяжести.

Для закрепления полученных знаний учитель предлагает в качестве домашнего задания выполнить практические работы № 3 и № 4. Причем работа № 4, связанная с изучением хроматографии, должна проводиться параллельно с домашним экспериментом. Ученик осуществляет перенос знаний и умений, сформированных при выполнении виртуальной работы, в новые, измененные условия реального эксперимента. Такой подход позволяет ему самостоятельно изучать хроматографию как способ разделения многокомпонентной однородной смеси и осознанно объяснять результаты, наблюдаемые в процессе выполнения реального эксперимента.

## **2. Виртуальный эксперимент предваряет реальный**

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 важную пропедевтическую роль, позволяет учащимся получить важные представления о предстоящей экспериментальной работе в реальных условиях. Основное дидактическое затруднение на этом пути переноса знаний — это трудно формируемое умение выделить в виртуальном изучаемом объекте существенные стороны, наиболее важные для решения учебной задачи в реальных лабораторных условиях. Учащимся трудно научиться обоснованно вводить необходимые допущения и упрощения.

Рассматриваемый методический подход позволяет создать условия для обучения школьников использованию моделей реальных объектов как одному из основных методов современного научного познания окружающего мира. Современные компьютерные модели реальных объектов весьма совершенны, взаимодействие с ними можно назвать модельным экспериментом. Модельный эксперимент имеет существенное отличие от реального. В случае последнего ученик взаимодействует с реальным объектом, частью реального мира, может «задавать вопросы природе непосредственно» [12]. В модельном же эксперименте такого взаимодействия нет. Есть взаимодействие с моделью, упрощенным объектом-заменителем, модель выступает и как объект изучения, и как экспериментальное средство. Модель входит в эксперимент, не только замещая объект исследования, она может замещать и условия, в которых изучается некоторый объект обычного эксперимента.

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

- применение формируемых знаний и умений при работе с моделями в упрощенных условиях виртуальной лаборатории;
- совершенствование знаний и умений в процессе экспериментального исследования модели;
- переход от модели к реальному объекту, перенос сформированных знаний и умений, полученных при исследовании в виртуальной лаборатории, в реальные условия.

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

Рассмотрим применение данной методической модели сочетания виртуального и реального экспериментов на конкретном примере. Так, при изучении темы «Получение водорода и изучение его свойств» в виртуальной лаборатории предлагается провести пять лабораторных опытов: «Получение

водорода в лаборатории», «Восстановление оксидов металлов водородом», «Восстановление галогенида водородом», «Взаимодействие водорода с серой», «Восстановительные свойства водорода в водном растворе».

В процессе изучения водорода и его соединений учащиеся совершенствуют, систематизируют и закрепляют следующие знания:

- о простом и сложном веществах, о химическом элементе;
- о реакциях соединения и замещения, об условиях начала и продолжения протекания экзотермических реакций;
- о количественных соотношениях между элементами в их соединениях;
- о валентности;
- о химических свойствах кислорода.

Рассматриваемая методическая модель позволяет развивать у учащихся умения самостоятельно выполнять безопасный опыт получения водорода и изучения его свойств: собирать простой прибор, собирать водород, испытывать его чистоту, оценивать прибор в отношении его пригодности для данного опыта и проектировать прибор по собственному замыслу.

Химический эксперимент, привлекаемый к изучению свойств водорода на начальном этапе изучения темы, слишком сложен для самостоятельного выполнения учащимися и представляет хорошее средство наглядности для демонстрации. Реальный демонстрационный эксперимент в данном случае позволяет развивать у школьников умения наблюдать, сравнивать, делать обобщения. Учитель демонстрирует эксперименты, позволяющие учащимся сделать выводы о физических свойствах водорода. Затем, перед изучением химических свойств водорода, учитель предлагает школьникам высказать предположения о возможных реакциях, характерных для водорода. Выбрав для начала изучения реакции соединения, учитель предлагает рассмотреть взаимодействие его с кислородом, который только что изучен. Учащимся предлагается рассказать о том, как они изучали химические свойства кислорода. После этого следуют демонстрации опытов.

После того как учащиеся узнали о лабораторных способах получения водорода, его важнейших свойствах, наблюдали взрывы гремучего газа и водородо-воздушной смеси, они оказываются подготовленными к моделированию этих процессов в виртуальной лаборатории. Основная цель такой деятельности — подготовка к самостоятельному реальному эксперименту, практическому занятию «Получение водорода и изучение его свойств». В виртуальной лаборатории школьники моделируют процессы получения водорода в лаборатории с использованием прибора автоматического действия (прибора Кирюшкина, восстановления оксидов и галогенидов металлов, другие опыты с участием молекулярного водорода).

На следующем уроке учащиеся приступают к реальным экспериментам с небольшими количествами водорода. Реальные опыты нацелены на закрепление знаний о способах получения и свойствах этого газа. При рассмотрении восстановительных свойств водорода достаточно ограничиться реакциями с кислородом воздуха и с оксидом меди (II). Учащимся, проявляющим особый интерес к решению экспериментальных задач и имеющим некоторые умения, предлагается самостоятельно смоделировать приборы для автоматического получения водорода и изучения его свойств.

### **3. Виртуальный эксперимент следует за реальным**

Данная методическая модель предполагает формирование необходимых знаний и умений в процессе выполнения реального эксперимента, а затем их совершенствование в условиях виртуальной лаборатории. Применение этой модели целесообразно при решении экспериментальных химических задач, в условиях экспериментального разрешения учебной проблемной ситуации, которая требует от учащихся не только мыслительных, но и практических действий на основе знания законов, теорий и методов химии. Виртуальный эксперимент в этом случае направлен на закрепление и расширение знаний, развитие абстрактного мышления, умения наблюдать, оценивать результаты и делать выводы. Задания, которые предлагаются школьникам после

выполнения опытов в виртуальной лаборатории, отличаются четкостью и краткостью.

Рассмотрим применение данной методической модели сочетания виртуального и реального экспериментов на примере интеграции работы «Реакции ионного обмена в растворах электролитов. Решение экспериментальных задач» в реальный учебный процесс. В данной работе предлагается проведение следующих опытов: «Реакция ионного обмена между выданными веществами, которая сопровождается определенными изменениями», «Распознавание выданных растворов электролитов без использования дополнительных реактивов», «Распознавание выданных растворов электролитов с использованием набора дополнительных реактивов».

После первых уроков по теме «Электролитическая диссоциация», на которых учащиеся изучили основные положения теории электролитической диссоциации, следует показать применение этой теории для объяснения химических реакций в растворах, проводящих электрический ток. С этой целью нужно рассмотреть реакции ионного обмена. Но прежде чем приступить к изучению этих реакций, необходимо повторить определения кислот, щелочей и солей как электролитов.

Изучение реакций обмена можно начать с реакции нейтрализации, затем рассмотреть реакции, в результате которых получаются нерастворимые или газообразные вещества. Лучше разбирать такие реакции нейтрализации, в результате которых получаются вода и нерастворимая соль, так как на этих примерах можно особенно ярко увидеть уменьшение электропроводности растворов вследствие соединения ионов, находящихся в растворе. На следующем этапе изучения этой темы проводятся опыты, иллюстрирующие реакции нейтрализации, в результате которых получаются растворимые соли, т. е. происходит соединение только катионов водорода  $H^+$  и гидроксид-ионов  $OH^-$ , а катионы и анионы солей остаются в растворе. В процессе проведения реального эксперимента учащиеся изучают примеры обменных реакций, в

результате которых получаются нерастворимые в воде твердые или газообразные вещества. Затем они анализируют изученные реакции с позиции теории электролитической диссоциации, выявляют общее протекание реакций ионного обмена в направлении связывания ионов.

Проведение виртуальных экспериментов в рамках работы «Реакции ионного обмена в растворах электролитов. Решение экспериментальных задач» на заключительном этапе изучения темы, после обобщения результатов реального эксперимента, их анализа, соответствующих выводов, нацелено на осмысление и закрепление теоретических знаний, их применение в нестандартной ситуации, например распознавание выданных растворов электролитов без использования дополнительных реактивов. Дидактические возможности предлагаемых интерактивных виртуальных лабораторных и практических работ в рамках реализации методической модели, когда виртуальный эксперимент следует за реальным, позволяют организовать поисковую, исследовательскую деятельность школьников на заключительных этапах изучения крупных учебных тем.

#### **4. Виртуальный эксперимент полностью вытесняет реальный**

Данная методическая модель предполагает формирование знаний и умений в процессе выполнения только виртуального эксперимента. Применение этой модели целесообразно только в тех условиях, когда реальный эксперимент недоступен. Если есть возможность проведения химических опытов в реальных условиях, необходимо выбирать методические модели, которые предполагают сочетание реальных и виртуальных экспериментов. Важно помнить, что внедрение ИКТ в процесс обучения химии полностью отвечает требованиям времени, но таит в себе опасность возрастания «компьютерного формализма». Неуместна попытка упростить процесс, заменить компьютерным моделированием «живой» химический эксперимент, без которого у школьника не возникнет своеобразное «чувство вещества», образование и формирование которого является необходимым

условием для дальнейшего развития его функциональной естественно-научной грамотности [2].

Рассмотрим применение данной методической модели полного доминирования виртуального эксперимента на примере работы «Вещества и химические реакции. Составление моделей молекул веществ и моделирование химических реакций с использованием молекулярного конструктора». В данной работе предлагается проведение следующих опытов: «Изучение физических свойств веществ», «Изучение признаков химических реакций», «Изучение условий протекания химических реакций», «Составление моделей молекул различных веществ». Первые три опыта нужно проводить, реализуя методические модели интеграции виртуального эксперимента с реальным. Проведение четвертого опыта, связанного с моделированием молекул, возможно как исключительно виртуального.

Использование абстрактных обобщенных понятий на уроках требует от учителя использования таких средств обучения, которые помогают ученикам развить воображение, абстрактное мышление. К таким средствам относятся компьютерные модели молекул, благодаря которым можно предсказать физические и химические свойства веществ.

Компьютерное моделирование молекул постепенно вытесняет использование конструктора моделей атомов и молекул, вещественных шаростержневых и масштабных моделей. Это связано с тем, что компьютерные модели обладают заметно большими возможностями по сравнению с реальными. Учащиеся могут конструировать 3-мерные модели молекул, вращать их и рассматривать, анализируя длины связей, валентные углы, переходить от одной формы модели к другой. Такая форма работы позволяет школьникам разобраться в строении не только молекул неорганических веществ (водород, хлор, азот, вода, аммиак), но и органических.

## 5. Виртуальный эксперимент проводится независимо от реального

Данная методическая модель предполагает формирование знаний и умений школьников как в процессе выполнения реального эксперимента, так и виртуального. Причем сходные по содержанию реальные и виртуальные лабораторные опыты могут быть разнесены по времени, проводиться независимо при изучении разных учебных тем. Виртуальный эксперимент в этом случае лишь в небольшой степени связан с изучаемым материалом и местом в учебной теме, позволяет организовать сопутствующее повторение, комплексную реализацию внутрипредметных и межпредметных связей, исследовательский подход к решению практических задач.

Рассмотрим применение данной методической модели независимого использования реального и виртуального экспериментов на примере работы «Изучение окислительно-восстановительных реакций». В данной работе предлагается проведение следующих опытов: «Конструирование простейшего гальванического элемента», «Конструирование ртутно-цинкового элемента», «Конструирование свинцового аккумулятора», «Конструирование водородного топливного элемента». В работах предполагается использовать большое число металлических электродов, включая кадмиевый, серебряный, золотой, ртутный, т. е. недоступных в реальной школьной химической лаборатории. Предлагаются эксперименты с использованием металлического натрия, лития, оксида ртути (II), оксида свинца (IV), платинированным углем, полимерной протонообменной мембраной. Таким образом, виртуальная лаборатория существенно расширяет возможности для организации учебного исследования свойств веществ и химических процессов по сравнению с реальными условиями.

Первый опыт связан с изучением условий протекания окислительно-восстановительных реакций, изучается поведение металлов в растворах электролитов. Ученикам предлагается сконструировать простейший гальванический элемент. Выполнение данного опыта целесообразно на заключительном этапе изучения темы «Окислительно-восстановительные

реакции», он является важным для осмысления сущностных характеристик процессов, протекающих с переносом электронов. Вместе с тем, если данная тема изучается до знакомства школьников с электролитической диссоциацией, то этот виртуальный опыт целесообразно провести уже на этапе обобщения, позже, когда ученики смогут применить знания о свойствах ионов для объяснения закономерностей протекания окислительно-восстановительных процессов. Третий вариант проведения данного опыта — изучение общих свойств металлов, формирование представлений о ряде активности металлов. В этом случае знания о положении металла в ряду активности, приобретенные в процессе выполнения виртуального опыта, будут не формальными, а полученными в результате осмысления экспериментальных данных.

Второй и третий опыты связаны с моделированием процессов, протекающих в реальных, используемых в промышленности и в быту, химических источниках тока. В одном случае ученики конструируют практически необратимый, «одноразовый», ртутно-цинковый элемент питания, а в другом — аккумулятор, который можно многократно разряжать и заряжать. Данные опыты целесообразно провести на этапе обобщения темы «Металлы». Они позволяют реализовать дидактические возможности внутрипредметных связей с темами «Окислительно-восстановительные реакции», «Электролитическая диссоциация», «Обратимые химические реакции». Важной особенностью данных опытов является возможность привлечения знаний школьников из курса физики. Исследуя протекание окислительно-восстановительных реакций в моделях химических источников тока, школьники актуализируют и осмысленно применяют межпредметные понятия: энергия, взаимные превращения форм энергии, электрический ток, действие электрического тока, характеристики источников тока. Такой подход позволяет связывать знания из различных учебных предметов, учебных курсов, создает условия для формирования у учащихся целостной научной картины мира и развития их универсальных учебных действий.

Четвертый опыт связан с идеей реализации «экологически чистого» источника питания. В процессе его выполнения школьники конструируют водородный топливный элемент, в котором энергия окислительно-восстановительной реакции между водородом и кислородом воздуха трансформируется непосредственно в электрическую энергию. По завершении конструирования школьникам предлагается изучить работу этого топливного элемента. Этот виртуальный опыт целесообразно провести на заключительном этапе курса химии 9 класса, когда рассматривается роль химии в решении глобальной энергетической проблемы, в создании технологий, «сберегающих окружающую среду». Проведение данного опыта соответствует требованиям ФГОС ООО, формирует «представление о сферах профессиональной деятельности, связанных с химией и современными технологиями, основанными на достижениях химической науки», что позволят девятиклассникам рассматривать химию как сферу своей будущей профессиональной деятельности.

### **Варианты включения виртуального эксперимента в учебный процесс**

При изучении темы, в зависимости от варианта сочетания реального эксперимента и виртуального, возможны два варианта включения.

**Первый вариант** предусматривает выполнение только части работы. Оставшуюся часть работы ученики выполняют на последующих уроках. Такой подход целесообразен при изучении тем, на которые отводятся несколько часов в тематическом планировании. Например, тема «Электролитическая диссоциация». При изучении электролитов и неэлектролитов учащиеся выполняют виртуальный эксперимент по изучению электропроводности растворов различных веществ. На последующих уроках выполняются эксперименты по изучению слабых и сильных электролитов. При обобщении знаний и умений по данной теме выполняется исследовательская работа по

изучению электропроводности различных жидкостей, встречающихся в быту: газированных напитков, молока, растительного масла и т. д.

**Второй вариант** предполагает применение полного комплекта виртуального эксперимента. Например, работа «Получение кислорода и изучение его свойств». На одном уроке ученики получают кислород и изучают его взаимодействие с фосфором, серой и железом.

## **6. 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).

Применение виртуального эксперимента изменяет формы деятельности учеников.

Преобладающая форма работы — индивидуальная. Каждый ученик выполняет весь эксперимент.

В зависимости от подготовленности ученика (знаний, умений работать с программой, правил выполнения работы, правил техники безопасности) темп выполнения работы будет разный. Особенно это касается выполнения исследовательских работ, в которых ученик самостоятельно определяет цели деятельности, составляет план работы, выбирает наиболее эффективные способы решения задачи, корректирует предложенный алгоритм действий при выполнении заданий с учетом получения новых знаний об изучаемых объектах — веществах и реакциях.

Для корректировки (оптимизации расхода времени) целесообразно включать коллективное обсуждение тех или иных вопросов.

Коллективная работа применяется на этапе составления плана выполнения работы и обсуждения полученных результатов.

После обсуждения результатов ученики самостоятельно формулируют выводы и проходят индивидуальное тестирование.

В зависимости от условий и материальных возможностей кабинета химии можно организовать использование парной формы выполнения виртуальных лабораторных и практических работ. Такая форма позволит в какой-то мере уменьшить время работы ученика с компьютером, развивать коммуникативные умения, оказывать взаимопомощь друг другу. При этом учитель должен распределить выполняемую работу между учащимися.

При формировании пар учащихся возможны различные варианты: пары с одинаковыми учебными способностями; «сильный ученик» — «слабый ученик». Нецелесообразно комплектовать пары, в которых оба ученика имеют низкие учебные способности. Необходимо также учитывать психологическую совместимость учеников.

### **III. МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

#### **РАБОТА 1. Способы разделения смесей**

**Цель:** изучить способы разделения смесей с использованием методов перегонки, хроматографии и перекристаллизации.

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

**Место в курсе.** Выполняется при изучении темы «Чистые вещества и смеси. Способы разделения смесей» в виде лабораторных опытов.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать основное оборудование химической лаборатории (пробирки, стаканы, колбы, воронки, склянки с пипетками, стеклянные палочки, фарфоровые чашки, мерная посуда, штатив, спиртовка, электрическая плитка), назначение приборов и оборудования.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с нагревательными приборами и правила работы в химической лаборатории.

## Методические рекомендации

Одна из важнейших работ по формированию экспериментальных умений и навыков учащихся. При выполнении этой работы учащиеся впервые осваивают методику приготовления растворов, проводят фильтрование растворов, операции выпаривания, отстаивания, декантации и т. д. Наряду со стандартными методиками, они получают представления о современных методах выделения веществ — фракционная перегонка, хроматография. Это служит основой для выполнения последующих реальных и виртуальных лабораторных и практических работ.

Виртуальная работа состоит из четырех модулей. Первый модуль направлен на овладение учащимися основных приемов разделения смесей. Разработчики предлагают разделить следующие смеси:

- смесь мела и воды;
- растительного масла и воды;
- выделение поваренной соли и водного раствора;
- водный раствор ацетона;
- разделение черных чернил на отдельные красители.

Второй модуль — это решение экспериментальной задачи. Предлагается разделить смесь растительного масла, воды и поваренной соли.

В третьем модуле — разделить смесь поваренной соли, речного песка и железных опилок.

В четвертом модуле дана исследовательская задача — выделить чистый этиловый спирт из водного раствора с примесью осадка оксида кремния.

Первый модуль рекомендуется выполнять в виде лабораторных опытов непосредственно на уроке. При отсутствии времени будет достаточно выполнения первых четырех опытов. Для формирования правильных экспериментальных умений перед выполнением работы учитель или отдельные ученики демонстрируют всему классу операции по растворению веществ в воде, размешиванию растворов, изготовлению фильтра, процессу фильтрования растворов. Целесообразно продемонстрировать всему классу

как изготавливается простой и складчатый фильтр, как он вставляется в воронку, для чего смачивается водой. Также нужно показать готовую установку для фильтрования. При наличии времени можно продемонстрировать установку для фильтрования под вакуумом.

При работе с делительной воронкой акцент делают на правильное закрепление прибора в штативе. Операцию декантации проводят, используя смесь речного песка, глины и воды. Обращают внимание на типичные ошибки, которые могут быть допущены учениками при выполнении модулей. Также комментируется, к чему могут привести эти ошибки при реальном выполнении работы. Все это позволит сократить время на выполнение виртуального эксперимента.

Опыт по хроматографии можно предложить учащимся выполнить во внеурочное время. Как вариант совмещения виртуального эксперимента с реальным, рекомендуем выполнить домашний эксперимент по разделению черной краски фломастера на отдельные красители. В качестве твердого носителя можно использовать яичную скорлупу, а элюентом будет служить вода или водный раствор спирта [7]. Источник: <http://www.nts-lib.ru/Online/opt/chnvja.html>.

При изучении этой темы ученики выполняют реальную практическую работу «Очистка поваренной соли». Это сложная в техническом исполнении работа, так как обучающиеся не имеют еще необходимых навыков работы в лаборатории. Поэтому реальную практическую работу рекомендуется выполнять после проведения виртуального эксперимента. В качестве дополнения к этой практической работе можно предложить учащимся выполнить задания модулей 2 и 3.

Четвертый модуль можно применить в качестве обобщающего или контролирующего модуля. В зависимости от дидактической цели эксперимента можно использовать коллективную работу класса или индивидуальную работу ученика.

Задание этого модуля: «В химических лабораториях при проведении органического синтеза в качестве растворителя используется абсолютированный этанол (этиловый спирт). Но сегодня его не оказалось. В шкафу стояла единственная бутылка, на которой была надпись: “≈50 % раствор этанола в воде. Загрязнен оксидом кремния!!!”

Уважаемый исследователь, осуществите разделение обнаруженной смеси.

Ваша задача получить отдельно три компонента смеси».

Для выполнения этой задачи ученик должен выбрать из предложенных методов те, которые будут использоваться в данной работе. Также следует определить последовательность их применения. Используя справочные данные, необходимо подобрать термометр с определенной шкалой температур, с помощью которого можно разделить смесь спирта с водой.

Работа заканчивается разделением смеси на отдельные компоненты — кремнезем, вода и этиловый спирт. Но исследование можно продолжить в виде теоретических изысканий. Так как в результате перегонки получается не абсолютированный этиловый спирт, а азеотропная смесь. Поэтому можно предложить учащимся решить задачу: как из азеотропной смеси, содержащей 96% этанола, получить абсолютированный этиловый спирт?

## **РАБОТА 2. Вещества и химические реакции. Составление моделей молекул веществ и моделирование химических реакций с использованием молекулярного конструктора**

**Цель:** научить составлять модели молекул веществ и моделировать химические реакции с использованием молекулярного конструктора.

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

**Место в курсе.** Выполняется при изучении темы «Первоначальные химические понятия» на отдельных уроках в виде лабораторных опытов или в

конце изучения темы в качестве обобщающей работы с целью систематизации знаний.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать определения «вещество», «тело», основные физические характеристики вещества.

**Меры безопасности.** Знать правила поведения в химической лаборатории.

### **Методические рекомендации**

Данная работа состоит из четырех модулей, и цели работы значительно расширены.

Первый модуль посвящен изучению физических свойств веществ — сахарозы (сахар), железа (проволока), карбоната кальция (природный мел), меди. Используется при изучении темы «Вещества». Учителю необходимо познакомить учащихся с общими характеристиками вещества (агрегатное состояние, цвет, запах, растворимость в воде, пластичность, температура плавления, температура кипения, плотность, теплопроводность, электропроводность). Зная свойства неизвестного вещества, можно предсказать (прогнозировать) название вещества. И наоборот, зная название вещества, можно вспомнить свойства этого вещества.

Задания этого модуля предусматривают изучение лишь агрегатного состояния веществ (твердое, жидкое, газообразное), цвета, плотности, растворимости в воде. Остальные характеристики веществ учащиеся могут найти в справочниках или используя информационные источники Интернета.

После выполнения виртуального эксперимента учащимся предлагается решить контрольные задания, одно из которых — определение названия вещества по описанию. Два других задания — на определение свойств веществ, лежащих в основе их применения.

Второй модуль посвящен изучению признаков химических реакций. Модуль используется на уроке «Физические и химические явления». Выполнение заданий этого модуля позволит обучаемым познакомиться с основными признаками реакций. Наряду с этим предлагается записать

некоторые уравнения реакции и расставить коэффициенты с использованием автоматизированной программы. Контрольные задания этого модуля (№ 4 и № 5) лучше выполнять после завершения всей темы «Первоначальные химические понятия».

Третий модуль также изучается на уроке «Физические и химические явления», но предназначен для изучения условий протекания реакций. Контрольные задания этого модуля рекомендуется выполнять в конце изучения всей темы.

Четвертый модуль применяется после изучения учащимися темы «Атомы. Химические элементы. Молекулы. Простые и сложные вещества». Модуль предназначен для конструирования моделей молекул различных веществ из атомов с учетом валентности. Также учащимся предлагается построить модели протекания химических реакций с использованием моделей молекул. Контрольные задания к данному модулю выполняются после моделирования молекул и реакций.

Данная работа является базой, на основе которой формируются представления о строении кристаллов (кристаллических решеток) различных простых и сложных веществ (воды, углекислого газа, графита, алмаза, модификаций железа и т. д.). Особое значение эти представления учащихся имеют при изучении органической химии.

### **РАБОТА 3. Получение кислорода и изучение его свойств**

**Цель:** изучение способов получения и собирания кислорода. Распознавание кислорода. Исследование свойств кислорода.

**Форма.** Практическая работа или серия лабораторных опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Выполняется при изучении темы «Кислород. Оксиды. Горение» в виде лабораторных опытов или в конце изучения темы перед выполнением реальной практической работы.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать способы собирания кислорода: вытеснением воздуха и воды. Уметь пользоваться спиртовкой, лабораторным штативом. Знать способ определения наличия кислорода в сосуде. Знать способ получения кислорода путем разложения воды электрическим током. Уметь производить расчеты с использованием пропорциональной зависимости.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения со спиртовкой.

### **Методические рекомендации**

Основная учебная задача предлагаемой работы — закрепление знаний учащихся о физических и химических свойствах кислорода. В процессе выполнения работы формируются такие важнейшие экспериментальные умения, как собирание газа над водой и способом вытеснения воздуха, распознавание газа. Правильно сформированные приемы работы служат основой для выполнения последующих работ с такими газами, как водород, углекислый газ, хлороводород и т. д.

Данная работа может быть выполнена учениками как на уроке, так и во внеурочное время, при подготовке к реальной практической работе.

Сравнение двух работ показывает, что виртуальная работа отличается по содержанию от реальной практической работы.

Виртуальная практическая работа включает более сложный эксперимент. Предполагается получить кислород, заполнить им банки, проверить его наличие и затем изучить свойства кислорода — взаимодействие с неметаллами (фосфором и серой) и металлам (железом).

Реальная практическая работа предполагает получить кислород из перманганата калия или пероксида водорода, проверить его наличие в сосуде и сжечь в кислороде кусочек угля. Выполнение работы после виртуального эксперимента позволит учителю более целенаправленно формировать экспериментальные умения учащихся, а учащиеся получают более точные

сведения о свойствах перманганата калия (цвет, форма кристаллов), кислорода и продуктов реакций.

Необходимо выделить некоторое время для проведения инструктажа. В ходе проведения инструктажа обсуждаются способы получения кислорода в химической лаборатории из: пероксида водорода, перманганата калия, оксида ртути (II), хлората калия (бертолетова соль), из воды путем электролиза. Уравнения реакции разложения перманганата калия и хлората калия учитель предлагает найти в теоретической части работы или дает в готовом виде. Уравнения разложения остальных веществ можно предложить учащимся записать самостоятельно. При возникновении сложностей в записи учитель может назвать вещества, которые образуются в ходе разложения. Например, при разложении пероксида водорода образуются вода и кислород, при разложении оксида ртути (II), как и воды, образуются два простых вещества.

У каждого способа имеются достоинства и недостатки.

Для получения кислорода из пероксида водорода требуется более сложное оборудование: колба Вюрца и капельная воронка. Достоинством способа является то, что для проведения реакции не требуется нагревания и в результате протекания реакции не образуются токсичные вещества.

Получение кислорода из оксида ртути (II), напротив, очень опасно, так как пары ртути ядовиты. Опасно и применение бертолетовой соли. В присутствии органических загрязнений или пыли соль может взорваться.

Желательно обсудить и способы собирания кислорода. Каждый из них имеет свои особенности. Следует обосновать, на каких свойствах основан каждый способ собирания. Какой из них более нагляден, а какой способ требует более сложного оборудования.

Не следует забывать важнейший прием, применяемый при получении газов, — проверку прибора на герметичность. И хотя для виртуальной работы он не так важен, в реальном эксперименте этот прием определяет успех работы.

При заполнении сосудов кислородом способом вытеснения воздуха следует сообщить учащимся, что тлеющую лучину нельзя опускать полностью в сосуд, так как при горении лучины расходуется кислород. Следует поднести лучину к горлышку и при ее возгорании убедиться, что сосуд заполнен газом.

Исследовательская часть работы состоит в выяснении условий взаимодействия кислорода с металлами и неметаллами. При изучении химических свойств кислорода отмечают, что газ активно реагирует при нагревании с большинством известных металлов. Исключение составляют серебро, золото, платина и металлы, входящие в эту подгруппу.

Также кислород реагирует с большинством неметаллов, кроме инертных газов и галогенов (фтор реагирует с кислородом с образованием фторида кислорода).

По результатам выполнения работы формулируются выводы. Виртуальный эксперимент предполагает автоматизированную проверку знаний и умений, полученных в ходе выполнения работы. Выводы должны соответствовать целям работы. Например, при проверке способов получения кислорода учащимся предлагается выполнить тестовое задание с выпадающим списком ответов.

В ходе реакции разложения ..... (в выпадающем списке: перманганата калия, бертолетовой соли, металлов, угля) выделяется кислород. Его выделение подтверждается ..... (в выпадающем списке: вспыхиванием, угасанием, обугливанием) тлеющей лучины:



Правильный ответ нужно вставить из выпадающих списков. Это слова «перманганата калия» и «вспыхивание».

Совершенно очевидно, что автоматизированная проверка ограничивает формулировку расширенных выводов и при выполнении реальной практической работы выводы по ней учащиеся должны сформулировать самостоятельно, на основе своих наблюдений и возможностей. Это необходимо учитывать учителю при проведении практических работ.

В качестве итогового контроля разработчики сценарного плана предлагают решить расчетную задачу. Так как расчеты по химическим уравнениям учащимся предстоит освоить в будущем, целесообразно решить такую задачу с использованием пропорциональной зависимости (пропорций).

#### **РАБОТА 4. Получение водорода и изучение его свойств**

**Цель:** изучить способы получения водорода и исследовать свойства водорода.

**Форма.** Практическая работа или серия лабораторных опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Работа проводится на этапе обобщения знаний при изучении темы «Водород» в 8 классе. Виртуальные опыты предваряют реальное практическое занятие «Получение водорода и изучение его свойств».

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать свойства кислорода, способы его собирания и обнаружения. Уметь пользоваться спиртовкой, лабораторным штативом. Уметь устанавливать принадлежность веществ к определенным классам неорганических соединений. Знать способы получения водорода в промышленности и в лаборатории. Уметь объяснять взаимодействие металлов с растворами кислот.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения со спиртовкой.

#### **Методические рекомендации**

Основная учебная задача предлагаемой работы — подготовка к самостоятельному реальному эксперименту, систематизация знаний учащихся о водороде как простом веществе, его физических и химических свойствах, лабораторных способах получения и собирания. В процессе выполнения работы развиваются важные экспериментальные умения: собирание газа над водой и способом вытеснения воздуха, распознавание газа, проверка его на

чистоту. Данная работа может быть выполнена учениками как на уроке, так и во внеурочное время, при подготовке к реальной практической работе.

Первым компонентом в предлагаемом комплекте работы является небольшой видеофрагмент, нацеленный на мотивирование учащихся к изучению данной темы, на выполнение виртуальных опытов. Фрагмент может быть предложен школьникам для самостоятельного просмотра дома при подготовке к уроку — практическому занятию. Из этого видеофрагмента ученики получают краткую информацию о водороде как самом распространенном элементе Вселенной, о его распространенности в земной коре. Рассматриваются свойства водорода как простого вещества, его получение в лаборатории и в промышленных условиях. Уделяется внимание водородной энергетике.

Первый опыт — «Получение водорода в лаборатории» — предполагает моделирование процесса взаимодействия соляной кислоты с гранулами цинка в приборе автоматического действия, аппарате Кирюшкина. Ученик должен собрать выделяющийся газ в пробирку способом вытеснения воздуха и поджечь его от пламени свечи.

Второй опыт — «Восстановление оксидов металлов водородом» — предполагает решение задачи исследовательского характера. Учащийся должен выбрать оксид металла, который будет восстанавливаться водородом. На выбор предлагаются следующие оксиды:  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{PbO}$ . Авторы обращают внимание на необходимость проверки водорода на чистоту до начала реакции с оксидом. При обсуждении этого опыта перед реальным экспериментом важно обратить внимание школьников, что не следует забывать проверку прибора для получения газов на герметичность. В виртуальной работе не акцентируется внимание на этом важном приеме, а в реальном эксперименте от него зависит успех всей работы.

Авторы предлагают провести исследование продукта восстановления оксида железа (III). Выполняя эксперимент и анализируя его результаты, школьники приходят к выводу, что в условиях опыта оксид железа (III)

восстанавливается не до металлического железа, а только до оксида железа (II). Эксперимент предполагает обсуждение условий полного восстановления  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до металлического железа.

Третий опыт «Восстановление хлорида серебра водородом» нацелен на расширение представлений учащихся о свойствах водорода. По окончании второго и третьего опытов ученикам предлагается записать соответствующие уравнения реакций восстановления оксидов металлов и хлорида серебра водородом. Затем сделать выводы, заполнив пропуски и выбрав подходящие по смыслу слова из предлагаемых перечней.

Четвертый опыт «Взаимодействие водорода с серой» предполагает проведение прямого синтеза сероводорода и исследование образующегося продукта с помощью бумаги, пропитанной раствором ацетата серебра. Авторы обращают внимание на токсичность образующего продукта реакции между водородом и серой, предлагают ученику продумать вариант безопасного проведения опыта. Пятый опыт — «Восстановительные свойства водорода в водном растворе» — проводится в форме исследования, в результате которого устанавливаются условия восстановления металлов (золота и палладия) из солей в водных растворах.

На заключительном этапе работы в виртуальной лаборатории ученикам предлагается выполнить задания для самоконтроля. Первое задание предполагает установление истинности суждений о химических свойствах водорода, изученных в процессе выполнения пяти опытов. Второе задание — решение расчетной задачи по двум уравнениям реакций: водорода с кислородом и образовавшейся воды со щелочным металлом, литием. При выполнении третьего задания учащиеся повторяют уже рассмотренные способы получения водорода и узнают новые, например взаимодействие гидридов активных металлов с водой и кислотами.

Важно отметить, что на реальном практическом занятии «Получение водорода и изучение его свойств» школьники не работают с оксидом свинца, не восстанавливают серебро, золото и палладий. Таким образом, виртуальный

эксперимент, проведенный перед практическим занятием, существенно расширяет поле для экспериментальной творческой деятельности учащихся. Организация познавательной деятельности с использованием рассмотренных виртуальных опытов перед реальным практическим занятием, обсуждение важных особенностей реального эксперимента по сравнению с виртуальным позволяют развивать у учащихся умения самостоятельно выполнять безопасный опыт получения водорода и изучать его свойства: собирать простой прибор, собирать водород, испытывать его чистоту, оценивать прибор в отношении его пригодности для данного опыта и проектировать прибор по собственному замыслу.

#### **РАБОТА 5. Решение экспериментальных задач по теме «Основные классы неорганических соединений»**

**Цель:** систематизировать знания учащихся по теме «Основные классы неорганических соединений» (свойства кислот, оснований, оксидов и солей (кислых, основных, средних)).

**Форма.** Практическая работа или серия лабораторных опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Выполняется после изучения темы «Основные классы неорганических соединений» в виде экспериментальных задач перед реальной практической работой.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать: свойства кислот, оснований, солей, оксидов; способы превращения оксидов, кислот, оснований в соли; реакции обмена между солями, превращения солей в нерастворимые основания; свойства амфотерных оснований; способы превращения средних солей в нейтральные и кислые. Уметь использовать знания в практической деятельности.

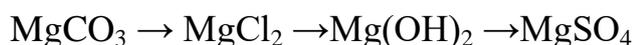
**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с растворами кислот, щелочей, солей.

## Методические рекомендации

Работа состоит из четырех экспериментальных задач. Акцент сделан на работу учащихся с солями, в том числе кислыми и основными. Так как учащиеся выполняют такую работу впервые, можно предложить им выполнить на уроке только две задачи. Остальные задачи можно выполнить во внеурочное время.

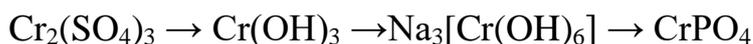
Первая задача является стандартной.

Осуществите цепочку превращений:

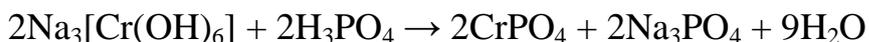


Вторая задача предполагает превращение амфотерного гидроксида в комплексное соединение, а затем разрушение комплекса фосфорной кислотой.

Осуществите цепочку превращений:

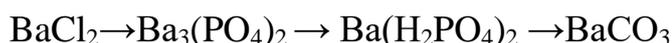


Следует рассмотреть наиболее сложный этап превращения комплексного соединения в фосфат хрома (III). При добавлении к раствору гексагидрохромата (III) натрия фосфорной кислоты происходит нейтрализация щелочного раствора и выпадение осадка гидроксида хрома (III). При дальнейшем прибавлении кислоты осадок, через основные соли, превращается в фосфат хрома (III). Упрощенное суммарное уравнение реакции:



Особенностью третьей задачи является превращение средней соли в кислую, а затем в среднюю соль — карбонат бария.

Осуществите цепочку превращений:



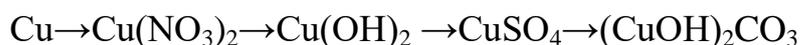
Для успешного решения задачи необходимо ознакомить учащихся со способами получения кислых солей. Существуют несколько способов. Один из них — взаимодействие оснований с кислотными оксидами. Второй способ — нейтрализация многоосновных кислот основанием, взятом в недостатке. Третий способ — действием избытка кислоты на среднюю соль. В данном

случае нужно использовать третий способ. В случае с ортофосфорной кислотой можно получить гидрофосфат бария и дигидрофосфат бария в зависимости от количества взятой для реакции ортофосфорной кислоты.



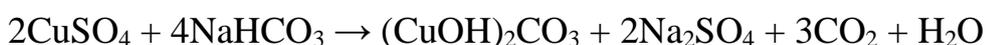
Четвертая задача предполагает получение соли из металла и в конечном итоге получение основной соли.

Осуществите цепочку превращений:



Основные соли получают при взаимодействии оснований с кислотами, взятыми в недостатке. Также можно получить основную соль при взаимодействии щелочей с растворимыми в воде солями. Соли тяжелых металлов можно превратить в основные воздействием на их растворы карбонатов или гидрокарбонатов щелочных металлов.

Превратить растворимую соль меди в основной карбонат меди (II) можно при действии на раствор соли меди гидрокарбонатом натрия или калия:



Различная сложность задач позволяет выделить каждому ученику по две задачи — стандартной (первая задача) и одной из сложных задач (вторая, третья или четвертая).

Перед началом работы учитель должен сообщить ученикам, что для осуществления превращений нужно взять не весь выданный раствор, а только его часть (пробу). Это касается и четвертой задачи. Правило необходимо выполнять, так как в результате проведения работы эксперимент может не получиться в результате неправильного выбора пути превращения. Тогда эксперимент можно повторить, избегая той ошибки, которую ученик допустил на какой-то из стадий превращений. Это в большей степени касается реального эксперимента.

После завершения эксперимента ученикам предлагается решить расчетную задачу по уравнению реакции и пройти тест.

В тесте представлены задания, контролирующие знания свойств различных классов соединений — кислот, оснований, оксидов.

## **РАБОТА 6. Амфотерные соединения**

**Цель:** получить амфотерные гидроксиды и изучить их свойства.

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

**Место в курсе.** Выполняется в 9 классе при изучении раздела «Химия металлов» в теме «Общая характеристика металлов» в виде лабораторных опытов. Опыт № 3 можно использовать в обобщающей теме раздела «Химия металлов» или при подготовке к ГИА по предмету.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать амфотерные свойства гидроксида алюминия, уметь записывать уравнения реакций гидроксида алюминия с растворами кислоты и щелочи. Знать правила безопасного обращения с растворами кислот и щелочей. Уметь проводить нагревание растворов в пробирке.

Уметь решать расчетные задачи по уравнению реакции. Уметь использовать в расчетах плотность растворов, вычислять массу вещества с использованием массовой доли раствора. Уметь проводить вычисления с использованием молярной концентрации раствора.

### **Методические рекомендации**

Выполняемая работа направлена на расширение знаний учащихся об амфотерных соединениях. Первые представления об амфотерности гидроксидов ученики получили, изучая раздел «Периодический закон и периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева». Периодичность изменения металлических свойств элементов и их соединений в малых периодах была подтверждена существованием металлов бериллия и алюминия, гидроксиды которых обладали амфотерными свойствами.

Соединения переходных элементов также обладают амфотерными свойствами. Свойства *большинства* гидроксидов переходных металлов, изучаемых в школьном курсе, проявляют выраженную закономерность: соединения в низшей степени окисления обладают основными свойствами, в высшей — кислотным свойствами, в промежуточной — амфотерными свойствами.

Такая закономерность ярко проявляется у гидроксидов хрома, но менее выражена у гидроксидов железа. Гидроксид железа (III) проявляет слабые амфотерные свойства и растворяется только в концентрированных растворах щелочей.

Работа по изучению амфотерности соединений переходных металлов содержит 4 опыта.

Первый опыт представлен в работе в виде простейшей стандартной инструкции по получению гидроксида цинка и растворению полученного вещества в избытке щелочи.

Второй опыт тоже имеет такую же инструкцию. Ученик получает гидроксид цинка и затем растворяет его в кислоте.

Четвертый опыт, получение гидроксида хрома (III) и изучение его свойств, выполняется по аналогии.

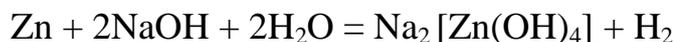
Выполнение перечисленных опытов может быть индивидуальным, можно использовать работу в парах. Третий вариант организации деятельности учащихся — поручить отдельным группам выполнить один из экспериментов, а затем коллективно обсудить полученные результаты опытов. Работа проводится при изучении темы «Общая характеристика металлов» в виде лабораторных опытов.

Наибольший интерес и, вероятно, сложность в понимании может вызвать опыт № 3. Он предполагает изучение восстановительных свойств металлического цинка. В щелочной среде цинк восстанавливает нитрит натрия до аммиака:



Протекание реакции необходимо обсудить с учащимися. Для понимания процессов уместно использовать аналогии. Учащимся известно, что алюминий реагирует не только с кислотами, но и с растворами щелочей. И в том и другом случае одним из продуктов реакции является водород.

Аналогично реагирует со щелочами цинк:



Но в присутствии окислителя, в данном случае нитрита натрия, происходит восстановление не воды, а нитрит-ионов. Продуктом реакции восстановления является аммиак.

Можно предложить ученикам ответить на ряд вопросов.

1. Пойдет ли реакция, если вместо нитрита натрия взять нитрат натрия? Напишите уравнение реакции.
2. Какие продукты реакции образуются при взаимодействии алюминия с нитритом и нитратом калия в присутствии щелочи — гидроксида калия? Напишите уравнения реакций.
3. Можно ли заменить алюминий и цинк в этих реакциях металлическим железом?

В ходе обсуждения совместно с учениками записываются уравнения реакций, определяются окислитель и восстановитель в каждой реакции, составляется электронный баланс, расставляются коэффициенты.

В итоге формулируется выявленная закономерность: реакция возможна, если металл реагирует с раствором щелочи. Учитель сообщает, что аналогичные реакции используются в аналитической химии, если нитриты и нитраты мешают анализу. Их удаляют из щелочных растворов путем добавления порошков цинка или алюминия с последующим кипячением.

Этот виртуальный опыт целесообразно использовать в обобщающей теме раздела «Химия металлов», а также при подготовке к ГИА по предмету.

Таким образом, выполнение сложного эксперимента позволяет учителю целенаправленно готовить учащихся к ГИА, одним из заданий которого является анализ окислительно-восстановительных реакций.

Работа завершается выполнением расчетной задачи, которую обучаемые решают самостоятельно и индивидуально.

## **РАБОТА 7. Изучение окислительно-восстановительных реакций**

**Цель:** систематизация знаний учащихся об окислительно-восстановительных процессах, протекающих между различными классами соединений.

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

**Место в курсе.** Первый опыт проводится на заключительном этапе изучения темы «Окислительно-восстановительные реакции» или на этапе обобщения в теме «Электролитическая диссоциация», можно провести на этапе изучения общих свойств металлов, при формировании представлений о ряде активности металлов. Второй и третий опыты целесообразно провести на этапе обобщения темы «Металлы». Четвертый опыт целесообразно провести на заключительном этапе курса химии 9 класса, при рассмотрении роли химии в решении глобальной энергетической проблемы, в создании технологий, «сберегающих окружающую среду».

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать типы химических реакций, свойства электролитов. Знать особенности взаимодействия металлов с растворами кислот, щелочей и солей. Понимать особенности протекания окислительно-восстановительных реакций, знать содержание понятий: «окисление», «восстановление», «окислитель», «восстановитель». Владеть метапредметными понятиями: энергия, взаимные превращения форм энергии, электрический ток.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с токсичными веществами (ртуть, свинец, кадмий и их соединения). Знать правила безопасного обращения с щелочными металлами.

## Методические рекомендации

Основная учебная задача предлагаемой работы — систематизация, обобщение и закрепление знаний учащихся об окислительно-восстановительных реакциях (ОВР). Первым компонентом в предлагаемом комплекте работы является небольшой видеофрагмент, нацеленный на мотивирование учащихся к изучению данной темы, на выполнение виртуальных опытов. Этот фрагмент может быть предложен школьникам для самостоятельного просмотра дома при подготовке к обобщающему уроку по теме. Из этого видеофрагмента ученики получают краткую информацию о роли ОВР. Так, среди самых разнообразных процессов и явлений, протекающих в окружающем нас мире, важное место занимают ОВР. Примеры ОВР, протекающих в живой природе, — дыхание и фотосинтез. ОВР сжигания топлива обеспечивают основную часть энергопотребления человечества, работу транспорта. Химическая энергетика, металлургия, разнообразные процессы химической промышленности, включая электролиз, — далеко неполный перечень тех областей, где ОВР играют ключевую роль. Без изучения ОВР невозможно понять современную общую и неорганическую химию.

В заключительной части видеофрагмента учащимся предлагается выполнить тестовые задания, связанные с контролем уровня осознанного понимания важнейших понятий данной учебной темы. Цель этих заданий — выявление затруднений, пробелов в знаниях по данной теме. Если ученик, выполняя тестовые задания, установил, что ряд вопросов, связанных с протеканием ОВР, вызывает проблемы, то ему предлагается самостоятельно изучить или повторить теоретический материал. В разделе «Степень окисления. Процессы окисления и восстановления» приведены определения важнейших понятий темы, рассмотрены примеры определения степеней окисления элементов в различных веществах, составления уравнений ОВР, уравнений электронного баланса, определения окислителя и восстановителя.

Из теоретических материалов «История развития представлений об окислительно-восстановительных реакциях» учащиеся узнают о работах Г. Шталя и А. Лавуазье, о трансформации представлений об ОВР, актуализируют свои знания о сущности процессов окисления и восстановления. Важным компонентом теоретических материалов является раздел, посвященный химическим источникам тока (ХИТ). Ко всем разделам теоретических материалов школьники могут обратиться в любой момент выполнения виртуальных опытов.

Первый опыт — «Конструирование простейшего гальванического элемента» — связан с изучением условий протекания ОВР, изучается поведение металлов в растворах электролитов. На первом этапе выполнения опыта, учебного исследования, в виртуальной лаборатории ученикам предлагается собрать модель простейшего гальванического элемента, медно-цинкового элемента Даниэля-Якоби. На следующем этапе ученики могут выбрать другие металлические электроды, заменить электролит, сравнить значения ЭДС, проанализировать их, сравнивая со справочными значениями.

Выполнение данного опыта целесообразно на заключительном этапе изучения темы «Окислительно-восстановительные реакции». Он является важным для осмысления сущностных характеристик процессов, протекающих с переносом электронов. Вместе с тем, если данная тема изучается до знакомства школьников с электролитической диссоциацией, то этот виртуальный опыт целесообразно провести на уже этапе обобщения, позже, когда ученики смогут применить знания о свойствах ионов для объяснения закономерностей протекания ОВР. Третий вариант проведения данного опыта — изучение общих свойств металлов, формирование представлений о ряде активности металлов. В этом случае знания, приобретенные в процессе выполнения виртуального опыта, будут не формальными, а полученными в результате осмысления экспериментальных данных.

По окончании выполнения работы ученики заполняют таблицу, обобщают полученные результаты, на основании которых формулируют

выводы. Ученики, испытывающие затруднения с формулировкой выводов, могут обратиться к наводящим вопросам, а затем сравнить свои выводы с вариантами, предложенными авторами работы. Ряд вопросов на заключительном этапе выполнения опыта предполагает, что ученики выкажут предположения в рамках целевых установок работы, а затем проверят их экспериментально.

Второй опыт — «Конструирование ртутно-цинкового элемента» — связан с моделированием прототипа реального гальванического элемента, компактного ХИТ. Выполнение этого опыта развивает представление об электрохимических ОВР, позволяет исследовать взаимодействие металлов, образующих амфотерные оксиды, с растворами щелочей, моделировать процессы восстановления оксидов металлов. Выполнение этого и последующих виртуальных опытов согласуется с требованиями ФГОС ООО, согласно которым необходимо создать условия для моделирования реально работающих устройств, с которыми школьники встречаются в своей повседневной жизни.

Третий опыт — «Конструирование свинцового аккумулятора» — нацелен на расширение теоретических знаний школьников об ОВР, их исследование как обратимых процессов. Они узнают, что в случае самопроизвольного протекания ОВР электрохимическая цепь называется «гальваническим элементом». Такие элементы находят применение в качестве ХИТ. Если ОВР идет под внешним воздействием в направлении, противоположном самопроизвольному, то такая электрохимическая цепь называется «электролитической ячейкой», в которой протекает электролиз.

В процессе выполнения третьего опыта учащиеся конструируют модель аккумулятора, вторичного ХИТ. Используя разработанную модель, изучают процессы, которые протекают в аккумуляторных батареях при разрядке и зарядке. Виртуальная лаборатория позволяет учащимся получить графики зависимости ЭДС и силы тока работающего свинцового аккумулятора от времени при его разрядке и зарядке. Получение этих кривых и их анализ

позволяют реализовать межпредметные связи с физикой, оценить важнейшие характеристики (энергоёмкость, мощность) современного и широко применяемого ХИТ. Выполнение этого опыта, решение возможных учебных задач, включая межпредметные, создают условия для развития умений представлять результаты эксперимента в форме выводов и графиков, выявлять эмпирические закономерности.

На заключительном этапе выполнения опыта учащимся предлагается обсудить вопросы, связанные с оценкой достоинств и недостатков кислотных свинцовых аккумуляторов. Привлекая знания из курса физики, объяснить, как в реальных условиях повышают мощность ХИТ, их разрядное напряжение, с чем связан ограниченный срок службы аккумулятора.

В процессе выполнения четвертого опыта — «Конструирование водородного топливного элемента» — школьники моделируют устройство, в котором энергия ОВР непосредственно превращается в электрическую энергию. В качестве топлива ученикам предлагается использовать водород, а в качестве окислителя — атмосферный воздух. Таким образом, у них получается смоделировать самый «экологически чистый» ХИТ. Работая, он будет выделять в окружающую среду только чистую воду. На примере этой модели школьники изучают принцип работы топливного элемента, определяют его характеристики и узнают о современных технологиях «зеленой» энергетики. Этот виртуальный опыт целесообразно провести на заключительном этапе курса химии 9 класса, когда рассматривается роль химии в решении глобальной энергетической проблемы. Этот опыт позволяет учащимся повторить и обобщить материал об ОВР.

## **РАБОТА 8. Скорость химической реакции. Зависимость скорости от различных факторов**

**Цель:** изучить зависимость скорости химической реакции от различных факторов (природы, температуры, концентрации, площади соприкосновения реагирующих веществ).

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

**Место в курсе.** Выполняется в 9 классе при изучении раздела «Химическая реакция» в теме «Скорость химических реакций» в виде лабораторных опытов. Также можно применять виртуальный эксперимент при подготовке к контрольной работе по данному разделу.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать свойства кислот, уметь записывать уравнения реакций серной кислоты с металлами. Знать свойства щелочных и щелочноземельных металлов и записывать уравнения реакций взаимодействия металлов с водой. Знать правила безопасного обращения с растворами кислот. Уметь проводить нагревание растворов. Знать, что означает молярная концентрация раствора.

#### **Методические рекомендации**

При изучении темы «Скорость химических реакций» учитель обычно демонстрирует на уроке ряд опытов с использованием прибора для изучения скорости химических реакций. Прибор позволяет наблюдать, как зависит скорость реакций от различных факторов: температуры, концентрации, природы реагирующих веществ, степени измельчения веществ, участвующих в реакции: присутствия катализатора. Необходимым условием проведения реакций в приборе является выделение газов. Этот эксперимент является классическим, очень наглядным, хорошо отработанным. Поэтому вряд ли стоит от него отказываться и заменять его виртуальным. Поэтому виртуальный эксперимент проводится во внеурочное время для закрепления, совершенствования и систематизации знаний и умений учащихся.

Очень важно, чтобы объекты исследования в реальном эксперименте и в виртуальном были разными. Это дает возможность сформировать у учащихся представления о том, что закономерности протекания реакций выполняются вне зависимости от объекта. Так, например, при изучении влияния температуры реагирующих веществ на скорость химической реакции

в реальном эксперименте используется реакция соляной кислоты с цинком, а в виртуальном — реакция серной кислоты с тиосульфатом натрия.

При выполнении виртуальной работы учащимся предлагается проделать четыре опыта.

Первый опыт иллюстрирует влияние температуры на скорость химической реакции. Дается краткая инструкция к проведению опыта. «Внесите в два стакана по 20 мл серной кислоты, один стакан нагрейте до 50 градусов, после чего прилейте по 20 мл раствора тиосульфата натрия. Зафиксируйте время образования мутного осадка».

Признаком протекания реакции является образование осадка. Так как учащимся незнакома данная реакция, целесообразно обсудить с учащимися, какие продукты реакции при этом получают.

При взаимодействии растворов тиосульфата натрия и серной кислоты наблюдается помутнение раствора, обусловленное образованием частичек серы. Суммарно этот процесс можно выразить уравнением:



Это достаточно сложная реакция, которая протекает в несколько стадий. Однако в силу сложности процессов механизм протекания реакции не рассматривается.

Второй опыт направлен на изучение влияния площади соприкосновения веществ на скорость реакции. В демонстрационном опыте проводится реакция между кусочками и порошком мрамора и соляной кислотой. В виртуальном — используется реакция между гранулами, порошком цинка и серной кислотой.

Исследованию влияния природы реагирующих веществ на скорость химических реакций посвящен третий опыт. В демонстрационном эксперименте учитель использует реакции уксусной и серной кислот с цинком, в виртуальном — взаимодействие щелочного металла натрия и щелочноземельного металла кальция с водой. Следует отметить, что по

правилам техники безопасности учащиеся не могут выполнять эти реакции в реальной химической лаборатории из-за их опасности.

Четвертый опыт направлен на изучение влияния концентрации на скорость химических реакций. В виртуальном эксперименте предлагается сравнить скорость реакции между цинком и серной кислотой разной концентрации. В реальном — серную кислоту можно заменить соляной.

К выполнению виртуального эксперимента можно обратиться и при подготовке учащихся к экзамену.

## **РАБОТА 9. Электролитическая диссоциация**

**Цель:** изучить электрическую проводимость растворов электролитов и ее зависимость от различных факторов.

**Форма.** Практическая работа или серия лабораторных опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Проводится при изучении темы «Электролитическая диссоциация». Целесообразно проводить в виде лабораторных опытов после выполнения реального демонстрационного эксперимента.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Уметь определять принадлежность веществ к основным классам неорганических соединений. Знать определения следующих понятий: «электролит», «неэлектролит», «электролитическая диссоциация», «сильные и слабые электролиты», «степень электролитической диссоциации». Владеть метапредметными понятиями: «электрический ток», «проводник», «изолятор», «электрическая цепь», «электрическая проводимость (электропроводность)», «электрическое сопротивление».

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с едкими веществами, растворами кислот и щелочей. Знать правила безопасной работы с токсичными газами.

## Методические рекомендации

Основная учебная задача предлагаемой работы — систематизация и обобщение знаний учащихся об электролитической диссоциации, о сильных и слабых электролитах, степени электролитической диссоциации. Обобщающие выводы ученики делают, анализируя сходные по технике выполнения виртуальные эксперименты. На начальном этапе изучения темы «Электролитическая диссоциация» необходимые знания и умения учащиеся получают, обсуждая наблюдаемые изменения в процессе реального эксперимента в форме демонстрационных опытов. Затем, на следующем этапе, ученики могут совершенствовать приобретенные знания в условиях виртуальной лаборатории. Компьютерный эксперимент в этом случае направлен на повторение, закрепление и расширение знаний, развитие абстрактного мышления, умения наблюдать, оценивать результаты и делать выводы.

При изучении теории электролитической диссоциации очень важно не допустить распространенную методическую ошибку, когда учитель начинает вводить новый учебный материал, проводя реальный демонстрационный эксперимент для доказательства наличия ионов в растворах. Если учитель начинает с демонстрации электропроводности растворов, показывая опыты с электрической лампочкой, которая загорается при опускании электродов в растворы электролитов, то этот яркий опыт настолько запечатлевается в сознании учащихся, что никакие словесные указания в дальнейшем о роли растворителя в процессе диссоциации электролитов не могут привести к правильным представлениям. Поэтому разумно отказаться от демонстрации этого опыта в начале изучения темы и перенести его на более позднее время.

Чтобы сформировать у учащихся правильное понятие о теории электролитической диссоциации, можно реализовать такую последовательность изучения вопросов:

- свойства водных и неводных растворов кислот, щелочей и солей;
- растворение в воде с точки зрения электронной теории;

- диссоциация электролитов в водных растворах, диссоциация веществ с ионной и ковалентной полярной связью;
- степень электролитической диссоциации, сильные и слабые электролиты;
- химические реакции в свете ионной теории.

В предлагаемом комплекте виртуальной работы есть небольшой видеофрагмент, нацеленный на мотивирование учащихся к изучению данной темы, на выполнение виртуальных опытов. Фрагмент может быть предложен школьникам для самостоятельного просмотра дома при повторении увиденного и изученного на уроке. В видеофрагменте обсуждаются вопросы появления электропроводности раствора соли, диссоциации веществ с разными видами химической связи, рассматривается вклад М. Фарадея и С. Аррениуса в развитие представлений об электролитах.

Первый опыт — «Исследование электропроводности растворов различных соединений» — связан с формированием представлений об электролитах и неэлектролитах. Учащимся предлагается использовать прибор для изучения электропроводности и с его помощью исследовать дистиллированную воду раствором сахарозы, этанола, хлорида натрия, серной кислоты и гидроксида натрия. В результате выполнения опыта ученики должны прийти к выводу, какие вещества относятся к электролитам. В сценарии данного опыта обращается внимание на необходимость промывания электродов чистой водой после каждого исследования каждого раствора, в противном случае результаты испытаний будут искажены.

Второй опыт нацелен на закрепление знаний школьников о сильных и слабых электролитах. Им предлагается исследовать электропроводность растворов кислот ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{Se}$ ), оснований ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_3$ ) и соли ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ). В результате сравнения результатов измерения электропроводности и яркости свечения лампы прибора ученики приходят к выводу о силе каждого из исследованных электролитов. Здесь очень важно организовать обсуждение результатов виртуального эксперимента и обратить внимание учащихся на тот факт, что сравнение результатов значимо только в

условиях одинаковой концентрации растворов. Учащиеся имеют возможность сравнить электропроводность сероводородной и селеноводородной кислот, сделать соответствующий вывод об их силе и связать с положением S и Se в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева.

Третий опыт — «Влияние разбавления на степень электролитической диссоциации слабого электролита» — нацелен на систематизацию знаний о факторах, влияющих на диссоциацию. В процессе выполнения виртуального опыта ученики выявляют зависимость степени электролитической диссоциации уксусной кислоты от ее концентрации в растворе. Обобщение и систематизация знаний при проведении виртуального эксперимента в данном случае позволяют учащимся избежать частых ошибок, связанных с неверной трактовкой понятий сильной или слабой кислоты.

Нередко при изучении вопроса о силе электролита у учеников формируется ошибочный устойчивый стереотип называть сильной ту кислоту, которая устойчива при высоких температурах, бурно реагирует с металлами, разрушает органические ткани или «вытесняет» другие кислоты из солей. Например, «серная кислота сильнее соляной», так как вытесняет ее из солей в реакциях обмена. Поэтому важно обсудить результаты третьего виртуального опыта. Обратит внимание школьников на свойства, общие для всех кислот, на их обусловленность наличием катионов водорода  $H^+$  (ионов гидроксония  $H_3O^+$ ) в растворе. На то, что активность кислоты зависит от концентрации ионов  $H^+$  в растворе. Для сравнения можно взять концентрированные серную и уксусную кислоты, потому что они резко различаются по силе, и показать следующие опыты [6. С. 376–378.].

В два цилиндра наливают по 50 мл насыщенного раствора метилового оранжевого в ацетоне. В один стакан добавляют 1–2 капли концентрированной серной кислоты. Раствор сразу же приобретает малиновую окраску. Для того чтобы во втором стакане появилась такая же окраска, концентрированной уксусной кислоты приходится добавлять в десять раз больше, так как степень

диссоциации ее незначительна и, следовательно, концентрация водородных ионов в ней невелика.

Можно показать и другой опыт. В сосуд с дистиллированной водой опускают электроды от прибора для исследования электропроводности растворов. Лампа не горит. Затем аккуратно, по каплям, считая их, прибавляют децинормальный раствор испытуемой кислоты (0,1 н), помешивая жидкость после прибавления каждой капли. Как только лампа засветится достаточно ярко, приливание раствора прекращают и записывают количество капель кислоты, прилитых к дистиллированной воде. По количеству капель раствора электролита, прилитых к дистиллированной воде, судят об относительной его электропроводности: чем меньше потребовалось электролита, тем лучше его электропроводность. Так как испытывают растворы кислот одинаковой концентрации, то учащимся нетрудно понять, что причиной лучшей электропроводности раствора серной кислоты является более полная ее диссоциация. Таким образом, учащиеся развивают представления о степени диссоциации кислот в растворах, о силе электролитов.

## **РАБОТА 10. Гидролиз солей**

**Цель:** исследование процесса гидролиза солей разных типов, определение рН среды, написание уравнений гидролиза.

**Форма.** Практическая работа или серия из четырех лабораторных опытов. Индивидуальная работа или работа в парах.

**Место в курсе.** Проводится на заключительном этапе изучения темы «Электролитическая диссоциация». Целесообразно организовать в виде лабораторных опытов перед выполнением реального практического занятия.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Уметь определять принадлежность веществ к основным классам неорганических соединений. Знать определения следующих понятий: «сильный электролит», «слабый

электролит», «степень электролитической диссоциации». Уметь объяснять процесс диссоциации электролитов, зависимость силы электролитов от природы связей. Уметь приводить примеры сильных и слабых кислот и оснований.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с едкими веществами, растворами кислот и щелочей.

### **Методические рекомендации**

Гидролиз солей — важный вопрос углубленного курса химии, требующий подробного рассмотрения. Представления о гидролизе расширяет и углубляет знания учащихся о растворах, теории электролитической диссоциации и имеет огромное практическое значение в жизни человека. Основная учебная задача предлагаемой работы — развитие представлений учащихся о взаимодействии солей с водой. В процессе выполнения опытов в виртуальной лаборатории школьники систематизируют знания, необходимые для последующего химического эксперимента в реальных условиях.

Первым компонентом в предлагаемом комплекте работы является небольшой видеофрагмент, нацеленный на мотивирование учащихся к изучению темы «Гидролиз солей», на выполнение виртуальных опытов. Фрагмент может быть предложен школьникам для самостоятельного просмотра дома при подготовке к уроку-практикуму. Интерактивные компоненты видеофрагмента позволяют испытать растворы кислот, щелочей и солей с помощью традиционных индикаторов, сравнить окраски полученных растворов. Учащиеся приходят к выводу, что среда водных растворов солей не всегда нейтральная, но может быть и кислой, и щелочной. В компьютерной анимации рассматривается процесс гидролиза с использованием моделей атомов, молекул и ионов. В заключительной части видеофрагмента уделяется внимание вопросам значения гидролиза солей.

Первый опыт позволяет ученикам исследовать с помощью растворов индикаторов: метилоранжа, фенолфталеина, лакмуса — растворы кислот ( $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), щелочей ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{LiOH}$ ) и солей ( $\text{KBr}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), т. е.

тех солей, которые не подвергаются гидролизу. Рекомендуемый опыт нацелен на актуализацию знаний школьников о кислотах, основаниях и солях как об электролитах. Акцентируется внимание на реакции нейтрализации. Выполняя этот виртуальный эксперимент, учащиеся повторяют вопросы, связанные с изменением окраски индикаторов в различных средах, с изменением окраски в процессе реакции нейтрализации.

Второй опыт предполагает определение среды водных растворов солей с помощью универсального индикатора. Перед началом эксперимента предлагается рассмотреть соли как продукты реакции нейтрализации между кислотой и основанием. Внимание школьников переносится на необходимость установления факта взаимосвязи между средой в водном растворе соли и силой образующих ее кислот и оснований. Для исследования предлагаются растворы следующих солей:  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{KNO}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$  и  $\text{BeCl}_2$ . Выполняя этот эксперимент, учащиеся сравнивают окраску универсального индикатора в растворах исследуемых солей и сопоставляют полученные результаты. Анализируя наблюдения, учащиеся приходят к выводу, что гидролизу подвергаются не все соли, а только те, которые образованы слабыми кислотами или слабыми основаниями. Причем, среда водного раствора соли связана с силой кислоты и основания, образующих эту соль. К данному выводу ученики приходят в процессе самостоятельного заполнения обобщающей таблицы.

Третий опыт нацелен на исследование процесса необратимого гидролиза солей, образованных слабыми основаниями и слабыми кислотами. Сначала изучается гидролиз готового образца сульфида алюминия, исследуются продукты реакции. Обсуждаются возможные причины необратимого протекания гидролиза в данном случае. Затем исследуется процесс совместного гидролиза двух солей. Ученикам предлагается провести несколько экспериментов, попарно сливая растворы двух солей. В процессе виртуального исследования учащиеся приходят к выводу, что необратимый гидролиз наблюдается только в том случае, когда одна из солей подвергается

гидролизу по катиону, а другая — по аниону. На этапе обобщения результатов эксперимента ученикам предлагается ответить на контрольный вопрос, почему в водном растворе невозможно синтезировать сульфиды, сульфиты и карбонаты алюминия или хрома (III).

Четвертый опыт позволяет применить знания о гидролизе солей в измененной ситуации для объяснения «совершенно неожиданных» наблюдаемых изменений, т. е. предлагается создание учебной проблемной ситуации. Ученики проверяют возможность протекания реакции между металлом и раствором соли. Причем металл, вступающий в реакцию, и металл в составе соли один и тот же. Не зная сущности процесса гидролиза солей, невозможно объяснить, почему цинк может реагировать с горячим раствором хлорида цинка. Какой газ при этом выделяется? Какое вещество образуется в виде аморфного осадка белого цвета? В процессе выполнения виртуального опыта школьники приходят к пониманию того, что при нагревании раствора хлорида цинка усиливается гидролиз, протекающий по катиону  $Zn^{2+}$ :



В растворе образуется значительный избыток катионов  $H^+$ , которые, в свою очередь, могут реагировать с металлическим цинком.

В том случае, если учащиеся в классе хорошо подготовлены, то аналогичный проблемный эксперимент имеет смысл провести в реальной лаборатории. Например, рассмотреть поведение металлического алюминия в горячем растворе карбоната или фосфата натрия. Выполнив виртуальный опыт между цинком и раствором хлорида цинка, осознав его сущность, объяснив его, ученики осознанно выполняют аналогичные эксперименты в реальных условиях.

## **РАБОТА 11. Химическое равновесие, тепловой эффект химических реакций**

**Цель:** изучить тепловые эффекты химических реакций на примерах различных химических взаимодействий. Изучить влияние температуры на смещение равновесия в химических реакциях.

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

**Место в курсе.** Первый опыт — «Тепловой эффект реакции нейтрализации» — проводится при изучении темы «Тепловые эффекты химических реакций» или на этапе обобщения темы «Классы неорганических соединений в свете теории электролитической диссоциации». Второй опыт — «Тепловой эффект растворения» — целесообразно провести при изучении темы «Растворение как физико-химический процесс». Третий опыт — «Влияние нагревания на равновесие в реакции димеризации оксида азота (IV)» — следует проводить при изучении химического равновесия и факторов, влияющих на его смещение. Четвертый опыт — «Влияние нагревания на равновесие в реакции гидролиза солей» — на заключительном этапе в теме «Гидролиз солей».

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать типы химических реакций, свойства кислот, щелочей и солей как электролитов. Знать определения следующих понятий: «тепловой эффект химической реакции», «экзотермический процесс», «эндотермический процесс». Уметь проводить простейшие расчеты количества тепловой энергии, выделяющейся или поглощающейся в ходе химической реакции. Понимать причины выделения или поглощения энергии в процессе реакции. Уметь объяснять направленность реакции нейтрализации и гидролиза соли. Уметь приводить примеры обратимых и практически необратимых реакций. Уметь объяснять особенности состояния химического равновесия, характеризовать его смещение.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с едкими веществами: растворами кислот и щелочей. Знать правила безопасной работы с токсичными газами. Знать правила работы с электрическими нагревательными приборами.

### **Методические рекомендации**

Понятие *экзо-* и *эндотермических* реакций формируется у школьников на начальных этапах изучения химии, в 8 классе. В качестве примеров реакций, протекающих с выделением тепла, учащимся часто демонстрируют различные химические опыты: горение магния, горение спирта, «вулкан» Р. Беттгера (экзотермическое разложение дихромата аммония), нейтрализация сильной кислоты щелочью. В качестве примеров эндотермических реакций обычно демонстрируют взаимодействие тиоцианата (роданида) аммония с гидроксидом бария (примерзание стакана к деревянной дощечке), нейтрализацию уксусной кислоты гидрокарбонатом натрия (изменение температуры реакционной смеси в данном случае демонстрируют с помощью термометра или датчика температуры, входящего в состав цифровых лабораторий). При обсуждении результатов экспериментов учащиеся отмечают, что выделение или поглощение теплоты является признаком большинства химических реакций. Снова вернуться к вопросу о тепловом эффекте химической реакции целесообразно на этапе обобщения знаний по теме «Классы неорганических соединений в свете теории электролитической диссоциации» и перейти к опыту в виртуальной лаборатории. Именно этот опыт позволяет переосмыслить существенные стороны реакций ионного обмена, в первую очередь — реакции нейтрализации.

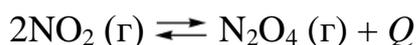
Основная учебная задача первого виртуального опыта — систематизация знаний учащихся о тепловом эффекте химической реакции, формирование представлений об инструментальных методах измерения количества выделившейся (или поглотившейся) тепловой энергии — о калориметрии. Ученик собирает установку для калориметрических измерений, выбирает одномолярные растворы кислоты и щелочи 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. Получив результат, он может повторить эксперимент с другими реактивами, сравнить экспериментальные данные со справочным значением теплового эффекта реакции нейтрализации. Ученики приходят к выводу, что при нейтрализации любой сильной кислоты сильной щелочью протекает одна и та же реакция:



Второй виртуальный опыт позволяет ученикам развить представления о растворении как физико-химическом процессе. Им предлагается экспериментально определить теплоты растворения кристаллических щелочей ( $\text{NaOH}$  и  $\text{KOH}$ ), безводного сульфата меди (II). Они собирают калориметр, с помощью весов отмеряют необходимые навески исследуемых веществ, растворяют их в воде, измеряют изменение температуры. Результаты вычислений интегральных теплот растворения сравнивают со значениями из справочника.

Третий виртуальный опыт посвящен изучению влияния температуры на смещение химического равновесия в системе:



Ученикам предлагается получить диоксид азота действием концентрированной азотной кислоты на медные стружки и заполнить им три колбы. Затем сосуды с собранным газом помещают соответственно в горячую воду, в ледяную баню и оставляют при комнатной температуре. Затем сравнивают окраску газов во всех трех колбах и делают выводы о влиянии температуры на смещение химического равновесия.

Важно отметить, что димеризация оксида азота — реакция, удобная для проведения наглядного опыта, но не самая удачная для формирования начальных представлений о химическом равновесии. Теоретическое введение целесообразно давать на основе реакций, известных школьникам к моменту начала изучения темы. Также имеет смысл рассматривать теоретические

вопросы на примере реакций, имеющих важное практическое значение. Можно рассмотреть окисление сернистого газа в серный ангидрид, синтез аммиака.

Проведение четвертого виртуального опыта предполагает исследование влияния температуры на равновесие, которое устанавливается при гидролизе соли. Ученики должны изучить, как изменяется окраска индикаторов (фенолфталеина и метилоранжа) в растворах исследуемых солей: бромид калия, ацетат натрия, гидрокарбонат натрия, сульфат аммония. Окраска индикатора фиксируется как при комнатной температуре, так при нагревании растворов солей и последующем охлаждении. На основании анализа наблюдаемых изменений учащиеся приходят к выводу о влиянии температуры на смещение равновесия. Отмечают, что гидролиз — эндотермический процесс, т. е. обратный экзотермическому процессу нейтрализации. Нагревание системы приводит к усилению гидролиза. Проведение данного опыта позволяет школьникам применить знания, полученные при изучении обратимых реакций, для объяснения направленности протекания процессов гидролиза солей.

## **РАБОТА 12. Реакции ионного обмена в растворах электролитов.**

### **Решение экспериментальных задач**

**Цель:** систематизировать знания учащихся о реакциях ионного обмена, протекающих между различными классами неорганических соединений.

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

**Место в курсе.** В данной работе предлагается проведение четырех виртуальных опытов, предполагающих поисковый подход к решению каждой из поставленных учебных задач. Целесообразно проведение этих опытов на заключительном этапе изучения темы «Реакции ионного обмена», после проведения реального эксперимента.

**Требования к уровню подготовки школьника.** Знать типы химических реакций, свойства электролитов: кислот, щелочей и солей. Уметь составлять уравнения реакций ионного обмена, уметь объяснять их направленность. Знать качественные реакции на изучаемые катионы и анионы.

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

### **Методические рекомендации**

Изучение реакций ионного обмена позволяет создать условия для систематизации и обобщения знаний учащихся о свойствах кислот, оснований и солей с позиций теории электролитической диссоциации. При обобщении учебного материала данной темы проводится практическое занятие «Реакции ионного обмена», в рамках которого ученикам предлагается решить экспериментальные задачи.

*Задачи первого типа* предполагают проведение химических реакций согласно заданным схемам превращений веществ. В процессе выполнения эксперимента учащиеся фиксируют признаки химических реакций, устанавливают генетические связи между классами веществ, тренируются в составлении ионных уравнений.

*Задачи второго типа* предполагают получение заданного вещества из предложенных. Решая их, ученики расширяют теоретические представления о способах получения веществ в лаборатории.

*Задачи третьего типа* предполагают проведение реакций, характерных для заданного вещества. В рамках решения этих заданий учащиеся имеют возможность обобщить знания о составе различных соединений, представителей основных классов, об условиях протекания реакций ионного обмена. Как вариант задач этого же типа — экспериментальное доказательство качественного состава соединения.

*Задачи четвертого типа* — распознавание веществ. Решая эти задачи, учащиеся на практике применяют знания о качественных реакциях на ионы. Есть несколько вариантов задач этого типа. Для распознавания предлагаемых

веществ ученик может использовать любое число реактивов из предложенного перечня на свое усмотрение. Другой вариант — распознавание веществ с помощью одного реактива. Третий — распознавание веществ без использования других реактивов.

Первые два опыта в предлагаемой работе предполагают проведение реакций ионного обмена между выданными веществами, которые сопровождаются определенными изменениями. В инструкции к первому виртуальному опыту поставлена задача: необходимо выбрать два вещества из числа предложенных (растворы  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaOH}$ ), между которыми протекает реакция с образованием осадка голубого цвета. Ученик может сразу выбрать растворы нужных веществ и провести реакцию, а может выдвигать различные предположения, перебирать их и проверять на практике в виртуальной лаборатории.

Второй опыт в некоторой степени аналогичен первому. Нужно выбрать растворы двух веществ, между которыми протекает реакция ионного обмена, при этом в результате реакции должен выделяться газ, принимающий участие в процессе фотосинтеза. Для эксперимента предлагаются растворы следующих веществ: каустическая сода, пищевая сода, пищевой уксус и поваренная соль. По ходу выполнения работы ученикам предлагается решить расчетную задачу. Нужно определить массу воды, необходимую для получения 5-процентного раствора уксусной кислоты из 200 г 9-процентного. По окончании выполнения первых двух опытов учащиеся составляют молекулярные и ионные уравнения проведенных реакций, делают соответствующие выводы.

Третий виртуальный опыт — экспериментальная задача четвертого типа: распознавание растворов выданных веществ без использования других реактивов. Известно, что выданы растворы четырех веществ: нитрат серебра, гидроксид натрия, иодоводород и хлороводород. Можно отбирать пробы растворов выданных веществ и попарно сливать их, наблюдая за изменениями.

Четвертый опыт — распознавание выданных растворов электролитов с использованием только одного дополнительного реактива, который можно выбрать из числа предложенных: NaOH, NaHCO<sub>3</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>, AgNO<sub>3</sub>, Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>. С помощью выбранного реактива требуется определить растворы четырех солей калия: фторид, хлорид, бромид и иодид. Ученики сначала составляют план решения задачи, затем добавляют раствор выбранного реактива к отобраным пробам веществ, которые необходимо определить. Фиксируют изменения, составляют уравнения, делают выводы. Сверяют свои ответы с эталоном.

### **РАБОТА 13. Железо и его соединения**

**Цель:** обобщение и систематизация знаний учащихся о соединениях железа, окислительно-восстановительных реакциях и реакциях ионного обмена.

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

**Место в курсе.** Проводится при изучении темы «Металлы».

**Требования к уровню подготовки школьника.** Учащиеся должны знать: характерные степени окисления железа; основные соединения с разными степенями окисления; определения «окислитель» и «восстановитель». Уметь записывать: простые уравнения окислительно-восстановительных реакций с участием соединений железа, реакции ионного обмена.

**Меры безопасности.** Знать правила безопасного обращения с едкими веществами, растворами кислот и щелочей.

#### **Методические рекомендации**

Работа состоит из четырех модулей.

Первый модуль посвящен изучению качественных реакций на катионы железа (II), (III) и феррат-анионы. Учащиеся самостоятельно отбирают из

имеющихся растворов веществ соединения со степенями окисления железа +2, +3, +6 и проводят качественные реакции. Этот модуль можно использовать на уроке изучения нового материала, но тогда при выполнении реальных лабораторных опытов учитель должен предложить учащимся задания в измененных условиях. Например, можно предложить ученикам решить экспериментальные задачи.

*Задача 1. Даны две пронумерованные пробирки с растворами, окрашенными в светло-зеленый цвет. Определите, в какой из пробирок находится раствор сульфата железа (II).*

Во второй пробирке находится раствор сульфата никеля. При воздействии на этот раствор щелочью выпадает светло-зеленый осадок гидроксида никеля (II), не изменяющийся на воздухе. Этим он отличается от гидроксида железа (II). Если ученик выбирает для определения гексацианоферрат (III) калия, то синий осадок выпадает только в пробирке с раствором сульфата железа (II).

*Задача 2. Даны две пронумерованные пробирки с растворами, окрашенными в желтый цвет с коричневым оттенком. Определите, в какой из пробирок находится раствор хлорида железа (III).*

Во второй пробирке находится раствор дихромата калия. При воздействии на этот раствор щелочью отмечается незначительное изменение окраски раствора до желтого. Соль железа дает бурый осадок гидроксида железа (III). Если ученик выбирает для определения гексацианоферрат (II) калия, то синий осадок выпадает только в пробирке с хлоридом железа (III). С роданид- (тиоцианид-)ионом красное окрашивание появляется в пробирке с хлоридом железа (III).

При выполнении второго модуля ученики получают гидроксиды железа и исследуют их кислотно-основные свойства. Опыты этого модуля можно сделать во внеурочное время, так как при изучении свойств гидроксидов железа ученики выполняют реальные лабораторные опыты.

Третий и четвертый модули нацелены на изучение окислительно-восстановительных свойств соединений железа (II) и (III). В результате выполнения виртуального эксперимента учащиеся убеждаются, что соединения железа (II) обладают слабыми окислительными свойствами. Они не вступают в окислительно-восстановительные реакции с иодид-ионами, сульфид-ионами. Зато восстановительные свойства соединений проявляются ярче.

В кислой среде ионы железа  $Fe^{3+}$  проявляют сильные окислительные свойства. Восстановительные свойства соединений железа (III) проявляются только при взаимодействии с сильными окислителями в щелочной среде.

Некоторую сложность, на наш взгляд, могут вызвать записи уравнений реакций взаимодействия солей железа (II) с различными окислителями:  $KMnO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $Br_2$ ,  $Cl_2$  в кислой среде. Нежелательно при окислении соединений железа (II) перманганатом калия использовать соляную кислоту в качестве среды. Лучше использовать серную кислоту и, соответственно, брать соль сульфат железа (II). Это условие распространяется и на другие окислители. Желательно совместно с учителем прогнозировать продукты сложных реакций. Поэтому выполнение заданий этих модулей должно проходить на уроке, при изучении свойств соединений железа. Также данные модули можно использовать при подготовке к экзамену по химии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гавронская Ю.Ю., Оксенчук В.В., Киут Е.Э. Виртуальные лабораторные работы по химии. // Информатика и образование, 2016, №9. — С. 33–36.
2. Горский М.В., Никитин В.П. Новый электронный тренажер по химии на основе платформы GenExis. // Актуальные проблемы химического и экологического образования: Сборник научных трудов 63 Всероссийской научно-практической конференции химиков с международным участием, Санкт-Петербург, 14–16 апреля 2016 г. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2016. — С. 13–17.
3. ГОСТ Р 57721-2017. Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Эксперимент виртуальный.
4. Дорофеев М.В., Нагин Н.А., Лушай М.Г. Мотивационный ресурс виртуальной химической лаборатории. // Химия в школе, 2008, № 9. — С. 60–67.
5. Жилин Д.М. Замена реального химического эксперимента виртуальным: зарубежный опыт. / Под ред. Г.В. Лисичкина // Естественно-научное образование: информационные технологии в высшей и средней школе. — М., МГУ, 2019. — С. 147–166.
6. Кирюшкин Д.М., Полосин В.С. Методика обучения химии. — М.: Просвещение, 1970. — 495 с.
7. Куделин Б.К. Хроматограмма на выеденом яйце // Химия и Жизнь. — №11, 1981. — С. 70–71.
8. Менделеев Д.И. Заветные мысли. — М.: Мысль, 1995. — 332 с.
9. Оржековский П.А., Давыдов В.Н., Титов Н.А, Богомолова Н.В. Творчество учащихся на практических занятиях по химии: книга для учителя. — М.: Аркти, 1999. — 152 с.
10. 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).

11. Примерная рабочая программа основного общего образования «Химия» (проект). — М.: ИСРО РАО, 2021. — 54 с.
12. Селье Г. От мечты к открытию: Как стать ученым. / Пер. с англ. Н.И. Войскунской. — М.: Прогресс, 1987. — 368 с.
13. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Приложение к приказу Министерства просвещения Российской Федерации от 21 мая 2021 года № 287.