

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Авторы – составители:
Кожина Л.Ф., Пожаров М.В.

Лабораторный практикум
«Синтез, очистка и идентификация химических веществ»

Учебно-методическое пособие

Саратов
2015

УДК 546
К58

Авторы – составители: Кожина Л.Ф., Пожаров М.В.

Лабораторный практикум «Синтез, очистка и идентификация химических веществ». Электронный ресурс. Саратов. – 2015. – 40 с.

Данное пособие составлено в соответствии с учебной программой дисциплины, изучаемой студентами Института химии 1 курса, обучающихся по направлению подготовки «Прикладная химия», и ставит своей целью освоение студентами навыков и приемов лабораторного эксперимента. В пособии заложен исследовательский подход к обучению, который предусматривает подготовку студентов к самостоятельной творческой работе. Данный химический практикум является вторым в процессе изучения химии, выполняется во 2 семестре одновременно с практикумом по химии элементов. Лабораторные работы, выполняемые по данной дисциплине, основаны на применение знаний, полученных студентами при изучении теоретических основ общей химии в 1 семестре и химии элементов, изучаемой во 2 семестре.

Кроме методик, описывающих технику выполнения эксперимента, в каждой работе имеются вопросы на взаимосвязь с ранее изученным материалом и его практическому применению к рассматриваемому методу синтеза, очистки и/или идентификации получаемого соединения.

Содержание практикума учитывает условия, важные для начинающих исследователей: небольшой подготовительный период; доступность необходимых сведений в справочной и учебной литературе; минимальное количество трудоемких операций; перспективы быстрого (во времени) получения результатов, возможность их теоретического обоснования. Исследовательский подход требует гораздо больше времени на выполнение студентами заданий, чем частично поисковый и репродуктивный.

Рекомендует
кафедра общей и неорганической химии
Института химии СГУ
НМС Института химии СГУ

Рецензент
доцент кафедры общей и неорганической химии
к.х.н. Акмаева Т.А.

Содержание практикума составлено в соответствии с учебной программой дисциплины **«Методы синтеза, очистки и идентификации неорганических веществ»** и ставит своей целью освоение студентами навыков и приемов лабораторного эксперимента на основе систематического изучения теоретической химии и основных свойств химических элементов и их соединений. Лабораторным работам предшествует лекционное и дискуссионное обсуждение изучаемого материала. Такое объединение теоретических и лабораторных занятий способствует более глубокому усвоению изучаемого материала.

В данном пособии заложен исследовательский подход к обучению, который предусматривает подготовку студентов к самостоятельной творческой работе. Использование этого подхода на первом курсе делает необходимой дифференциацию студентов по их возможности на определенном уровне осваивать навыки выполнения исследовательских работ. Такая дифференциация требует и соответствующего подхода к умениям, вырабатываемым в ходе практикума: выделение обязательного минимума экспериментальных опытов и максимального объема работ, рекомендуемых для наиболее успевающих студентов. При этом каждый студент должен быть ознакомлен с полным содержанием практикума, что послужит стимулом для его творческого роста.

Пособие содержит практический материал по лабораторным способам получения различных неорганических соединений. Кроме методик, описывающих технику выполнения эксперимента, в каждой работе имеются вопросы на взаимосвязь с ранее изученным материалом и его практическому применению к рассматриваемому методу синтеза, очистки и/или идентификации получаемого соединения.

Вначале студенты изучают цель и методику выполнения каждой лабораторной работы, затем проводят химический эксперимент, в ходе которого получают данные, на основании которых проводят идентификацию и исследование физико-химических свойств рассматриваемого в работе соединения; записывают уравнения химических реакций, свои наблюдения; при помощи ответов на предлагаемые вопросы делают выводы о проведенном исследовании.

Содержание практикума учитывает условия, важные для начинающих исследователей: небольшой подготовительный период; доступность необходимых сведений в справочной и учебной литературе; минимальное количество трудоемких операций; перспективы быстрого (во времени) получения результатов, возможность их теоретического обоснования. Исследовательский подход требует гораздо больше времени на выполнение студентами заданий, чем частично поисковый и репродуктивный. В связи с этим возникла необходимость в подготовке данного учебно-методического пособия, которое позволит выявить и систематизировать элементы исследовательского характера, повысить познавательную активность студентов с учетом их склонности к выполнению определенного вида деятельности.

Предложенный алгоритм проведения и оформления лабораторных работ способствует повышению качества знаний студентов, развитию логического мышления, умения анализировать, сравнивать и обобщать полученные результаты.

Основная задача выполнения лабораторных работ – помощь студентам в усвоении законов и теоретических положений химии, уяснении влияния различных условий на протекание химических процессов, изучении свойств химических соединений. Лабораторные работы приносят пользу только в том случае, если они выполняются сознательно, а не механически по прописи. Выполняя конкретное задание, студент должен получить целостное представление о получаемом соединении и познакомиться с различными методами синтеза, очистки и идентификации. Большинство предлагаемых работ можно усложнить, вводя дополнительные вопросы. Это способствует проявлению студентами самостоятельности, инициативы и творческой активности, что способствует активному и сознательному усвоению материала. Данный химический практикум является вторым в процессе изучения химии, выполняется во 2 семестре одновременно с практикумом по химии элементов. Лабораторные работы, выполняемые по данной дисциплине, основаны на применении знаний, полученных студентами при изучении теоретических основ общей химии в 1 семестре и химии элементов, изучаемой во 2 семестре.

В приложении представлены справочные материалы по свойствам основных неорганических веществ. Этот материал может быть использован студентами при объяснении многих закономерностей неорганической химии и при выполнении синтезов различных веществ, разделения смесей и очистке индивидуальных веществ.

Порядок подготовки и правила выполнения лабораторной работы

Лабораторные работы по изучаемой дисциплине способствуют приобретению студентами базовых навыков работы в лаборатории.

Сознательное выполнение лабораторных работ возможно только при условии предварительной домашней подготовки: они обязаны самостоятельно проработать соответствующий теоретический материал и ознакомиться с содержанием предстоящей лабораторной работы.

Если отчет о работе написан правильно, преподаватель расписывается в тетради студента, и работа будет считаться выполненной. Если преподаватель обнаружит ошибки в отчете, или будет неудовлетворен ответами на контрольные вопросы, студенту придется «сдавать» работу на следующем занятии или в дополнительное время.

Разрешается выполнять отдельные опыты лабораторной работы небольшой группой (2-3 человека), распределив обязанности между собой. Это позволит студентам успеть выполнить сложные эксперименты в отведенное время. Работая небольшой группой, студенты могут обсуждать ход выполнения работы и результаты. Благодаря этому студенты приобретают навыки научного общения. Отчет должен быть составлен индивидуально.

До начала лабораторной работы студенты должны пройти инструктаж по технике безопасности. Кроме этого, перед выполнением каждой лабораторной работы преподаватель указывает на необходимые меры предосторожности.

За каждым студентом в лаборатории закрепляется определенное рабочее место. Студент обязан следить за порядком на своем рабочем месте и поддерживать его чистоту. После окончания работы дежурные студенты приводят лабораторию в порядок.

Для успешной сдачи отчета студент должен продемонстрировать свободное владение материалом практикума: знать способы получения и свойства изучаемых соединений; уметь изложить технику выполнения эксперимента; объяснять наблюдаемые превращения; показать приобретенные навыки и умения при составлении различных химических реакций и проведении расчетов (если работа носит количественный характер).

Общие правила техники безопасности:

1. К любой работе следует приступать только тогда, когда все ее этапы известны и не вызывают сомнения.

2. Использовать для опытов минимальное количество реактивов; во избежание загрязнения реактивов склянки всегда должны быть закрыты пробками; не допускать использования пробок от других склянок.

3. Запрещается выносить за пределы лаборатории реактивы, а также передавать их кому-либо.

4. Все работы с летучими, токсичными и высокоагрессивными веществами проводить только в вытяжном шкафу при работающей вентиляции.

5. Не выливать в раковину остатки кислот, щелочей и других агрессивных веществ; их нужно сливать в специально предназначенные для этого склянки, находящиеся в вытяжном шкафу.

6. Не выбрасывать в раковину непрореагировавшие остатки металлов.

7. Не подносить к глазам и не приближать лицо к пробирке с кипящей жидкостью. Направлять пробирку с кипящей жидкостью так, чтобы предотвратить попадание ее на себя и окружающих.

8. Не отвлекать внимание студентов, проводящих эксперимент.

9. Все работающие в лаборатории должны уметь оказывать первую помощь при ожогах и отравлениях:

– при попадании на кожу кислоты или щелочи необходимо промыть обожженное место большим количеством воды, затем – при ожогах кислотой – 3%-ным раствором соды, а при ожогах щелочами – 1%-ным раствором борной кислоты;

– при термическом ожоге кожу следует обмыть спиртом, а затем смазать мазью от ожогов.

Работа 1. Перекристаллизация веществ

Цель: изучение процесса перекристаллизации как способа очистки веществ

Выберите одну из предложенных ниже методик перекристаллизации.

Рассчитайте количества соли и воды, необходимые для получения 40-50 г насыщенного при 60°C раствора. Налейте в стакан отмеренное цилиндром рассчитанное количество дистиллированной воды. Поместите в воду навеску предварительно растертой в ступке соли и нагрейте содержимое стакана почти до кипения при перемешивании стеклянной палочкой. Полученный горячий раствор профильтруйте через складчатый фильтр.

Предлагаются следующие методики перекристаллизации.

Перекристаллизация без удаления растворителя

1. Для солей, растворимость которых сильно зависит от температуры, раствор после горячего фильтрования охладите сначала на воздухе, а затем в бане со льдом (или водой) почти до 0°C при непрерывном перемешивании. Температуру, до которой был охлажден раствор для кристаллизации, запишите в рабочий журнал.

2. Для очистки солей, растворимость которых мало зависит от температуры, можно использовать метод высаливания. Для этого раствор соли после горячего фильтрования охладите до комнатной температуры и добавьте равный по объему раствор концентрированной соляной кислоты (в вытяжном шкафу!)

Перекристаллизация с удалением растворителя (упариванием раствора)

Для солей, растворимость которых мало зависит от температуры, раствор перенесите во взвешенную фарфоровую чашку и упарьте на водяной бане приблизительно до половины начального объема. Затем раствор охладите до комнатной температуры (запишите ее в рабочем журнале), чашку с раствором протрите снаружи от воды, взвесьте и найдите потерю массы растворителя. Выпавшие кристаллы отфильтруйте на воронке Бюхнера с бумажным фильтром и промойте минимальным количеством охлажденной дистиллированной воды. Фильтрат сохраните.

Предлагаемые для очистки вещества содержат нерастворимые примеси и примеси растворимых в воде хлоридов и/или сульфатов.

Опыт 1. Перекристаллизация дихромата калия, тиосульфата натрия, буры (кристаллогидрат тетрабората натрия) и/или кристаллической соды (кристаллогидрат карбоната натрия)

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка с треножником, ступка, мерный цилиндр
<i>Посуда</i>	стаканы, колбы, воронки, фильтры бумажные, стеклянные палочки для перемешивания раствора
<i>Реактивы</i>	дихромат калия, тиосульфат натрия, бура и кристаллическая сода, нитрат серебра, хлорид бария

Перед началом работы постройте график зависимости растворимости очищаемой соли от температуры с использованием таблично-справочных данных. На основании справочных данных о зависимости растворимости этих веществ от температуры обоснуйте выбор схемы для их очистки:

- приготовление насыщенного при повышенной температуре раствора
- быстрое фильтрование раствора, его охлаждение
- отделение образовавшихся кристаллов от маточного раствора
- промывание – сушка.

Для проведения перекристаллизации по этой схеме определите массу воды, требуемой для приготовления насыщенного при 60°C раствора, исходя из заданной массы очищаемой соли. Проведите фильтрование *горячего* раствора, не допуская его охлаждения и выделения кристаллов на фильтре. Если они тем не менее образуются, переведите их в раствор, действуя небольшими порциями горячей воды. Позже эту воду следует испарить, иначе снижается выход чистого вещества. После отделения механических примесей охладите горячий раствор до 0°C, проведите фильтрование при пониженном давлении (водяной насос, воронка Бюхнера); промойте вещество малыми порциями ледяной воды. Количественно перенесите очищенное кристаллическое вещество в чашку Петри или фарфоровую чашку и сушите: дихромат калия (нитрат калия) при 100-105°C; хлорид аммония и буру – при комнатной температуре; тиосульфат и соду – отжав между листами фильтровальной бумаги. Высушенное вещество соберите в сухую, заранее взвешенную пробирку с пробкой (бюкс) и взвесьте. **Вычислите выход продукта в процентах от теоретически возможного.** Очищенное вещество проверьте на наличие предполагаемых примесей, проведя соответствующие качественные реакции: растворите в небольшом объеме дистиллированной воды (1-2 мл) несколько кристаллов полученного вещества и добавьте 1-2 капли раствора **нитрата серебра** для определения

примеси **хлоридов**, или раствора *хлорида бария* для определения примеси *сульфатов*. При определении примесей сульфатов в **дихромате калия** в исследуемый раствор добавьте **концентрированной соляной кислоты**.

Аналогично проанализируйте фильтрат на присутствие в нем примесей хлоридов и сульфатов. Если кристаллы содержат примеси, проведите повторную перекристаллизацию. Для этого взвесьте полученное вещество, рассчитайте количество воды, необходимое для приготовления насыщенного при 60°C раствора, проведите все операции, как и в первый раз, **кроме** горячего фильтрования.

Опыт 2. Перекристаллизация хлорида натрия, борной кислоты, нитрата натрия, кристаллогидрата сульфата меди (медного купороса)

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка с треножником, ступка, мерный цилиндр, водяной насос, воронка Бюхнера
<i>Посуда</i>	стаканы, колбы, воронки, фильтры бумажные, стеклянные палочки для перемешивания раствора, чашка Петри
<i>Реактивы</i>	хлорид натрия, борная кислота, нитрат натрия, кристаллогидрат сульфата меди (медный купорос), концентрированная азотная кислота, гидроксид натрия, нитрат серебра, хлорид бария

Предлагаемые для очистки вещества содержат нерастворимые примеси и примеси растворимых в воде хлоридов и/или сульфатов.

Перед началом работы постройте график зависимости растворимости очищаемой соли от температуры с использованием таблично-справочных данных. Учитывая справочные данные о характере зависимости растворимости данных веществ от температуры, обоснуйте использование для их очистки следующей схемы:

- приготовление насыщенного при повышенной температуре раствора загрязненного вещества
- фильтрование раствора
- упаривание и охлаждение
- отделение образовавшихся кристаллов от маточного раствора
- промывание – сушка.

Для проведения перекристаллизации по данной схеме вычислите массу воды, требуемую для приготовления насыщенного при 60°C раствора, исходя из массы загрязненной соли, подлежащей очистке. Проведите фильтрование

этого раствора, не допуская охлаждения. Перенесите фильтрат в фарфоровую чашку и упарьте на водяной бане до появления пленки на поверхности раствора. В раствор борной кислоты после фильтрования добавьте несколько капель концентрированной азотной кислоты; в раствор нитрата натрия – до фильтрования добавьте в соотношении 1:50 (по весу) гидроксид натрия для осаждения примесей солей железа. Фильтрат охладите до 0°C, выдерживая его на льду. Образовавшиеся кристаллы отделите на воронке Бюхнера, промойте малыми порциями охлажденной воды, количественно перенесите очищенное вещество на чашку Петри и сушите:

хлорид натрия и нитрат натрия при 100-105°C

медный купорос и борную кислоту – между листами фильтровальной бумаги.

Высушенный препарат перенесите в сухую, предварительно взвешенную пробирку с пробкой, и взвесьте. **Вычислите выход продукта от теоретически возможного. Проверьте полученное вещество на наличие возможных примесей (см. Опыт 1).**

Опыт 3. Перекристаллизация хлорида натрия (без стадии упаривания раствора)

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка с треножником, ступка, мерный цилиндр, водяной насос, воронка Бюхнера, склянки Дрекселя
<i>Посуда</i>	стаканы, колбы, воронки, фильтры бумажные, стеклянные палочки для перемешивания раствора, чашка Петри, колба Вюрца с делительной воронкой
<i>Реактивы</i>	хлорид натрия, концентрированная серная кислота, нитрат серебра, хлорид бария

Очистку хлорида натрия можно провести через стадию «высаливания» при пропускании в насыщенный раствор сухого хлороводорода. Приготовьте насыщенный при 60°C раствор подлежащего очистке хлорида натрия, как описано в предыдущей работе, профильтруйте его, затем не упаривая, охладите до 0°C и пропустите в охлаждаемый раствор высушенный хлороводород. Хлороводород получают при взаимодействии твердого хлорида натрия и концентрированной серной кислоты, при необходимости нагревая смесь (колба Вюрца с делительной воронкой). Для сушки хлороводород пропустите через склянку (или две) Дрекселя, заполненные концентрированной серной кислотой. Хлороводород пропускайте через

раствор хлорида натрия до тех пор, пока не перестанут выпадать кристаллы. Полноту их осаждения можно проверить, отобрав с помощью пипетки раствор над осадком и пропустив в него хлороводород. Если не наблюдается образования кристаллов, то можно считать, что полнота осаждения достигнута. Выделившиеся кристаллы отделите на воронке Бюхнера и далее работу проводите по плану, описанному в предыдущем опыте.

Опыт 4. Перекристаллизация гидрокарбоната натрия

<i>Оборудование:</i>	весы, газовая горелка с треножником, мерный цилиндр, водяной насос, воронка Бюхнера
<i>Посуда</i>	стаканы, колбы, воронки, фильтры бумажные, стеклянные палочки для перемешивания раствора, чашка Петри, бюксы
<i>Реактивы</i>	хлорид натрия, гидрокарбонат натрия, этиловый спирт, нитрат серебра, хлорид бария

Гидрокарбонаты щелочных металлов в водном растворе при нагревании могут разлагаться. Поэтому перекристаллизацию их из водных растворов следует проводить при комнатной температуре.

Учитывая растворимость вещества при комнатной температуре (справочник), вычислите необходимую для приготовления насыщенного раствора массу воды исходя из заданной массы загрязненного вещества. Приготовьте насыщенный раствор, охладите до 0°С и для выделения кристаллов прибавьте к нему безводный этиловый спирт. Выделившиеся кристаллы отделите на воронке Бюхнера, промойте малыми порциями охлажденной воды. Осадок высушите в эксикаторе или между листами фильтровальной бумаги. Затем перенесите в сухую, заранее взвешенную пробирку с пробкой (или бюкс) и взвесьте. **Очищенное вещество проверьте на наличие возможных примесей (см. Опыт 1).**

При оформлении лабораторной работы необходимо ответить на следующие вопросы:

- Почему раствор нагревают почти до кипения, хотя готовят насыщенным при температуре 60°С?
- От каких примесей происходит очистка при горячем фильтровании?
- Почему при перекристаллизации происходит очистка от растворимых примесей?
- Какие соли нельзя разделить методом перекристаллизации?
- Каких потерь нельзя избежать в процессе перекристаллизации?

-Почему при охлаждении раствора необходимо перемешивание? Как размер кристаллов влияет на чистоту препарата?

-Всегда ли нужно охлаждать раствор до возможно более низкой температуры? Почему?

-Зачем упаривают раствор в случае солей с малой зависимостью растворимости от температуры?

-Зачем добавляют кислоту при определении чистоты дихромата калия?

-Почему выпадают кристаллы при высаливании?

-Какие меры по технике безопасности необходимо соблюдать при выполнении работы?

При ответе на указанные вопросы студенты должны учитывать материал, изученный в 1 семестре по теме «Растворы и их свойства».

Работа 2. Разделение смесей веществ

Опыт 1. Возгонка йода (демонстрация на лекции)

Цель: изучение процесса сублимации как способа очистки веществ от примесей.

Оборудование	весы, газовая горелка с треножником и асбестовой сеткой
Посуда	круглодонная колба, стакан, колбы, стеклянные палочки, бюксы
Реактивы	йод кристаллический с примесями, оксид кальция

Взвесьте 0,1 – 0,8 г кристаллического йода и прибавьте к нему 0,1 г йодида калия для удаления возможных примесей хлора и брома; и 0,2 г оксида кальция СаО. Смесь измельчите в фарфоровой ступке и поместите в прибор для возгонки: на дно химического стакана поместите очищаемую смесь, сверху поставьте круглодонную колбу с холодной водой и льдом, на поверхности которой будет конденсироваться йод. Полученный прибор разместите на треножнике с асбестовой сеткой и подведите газовую горелку для подвода тепла. Осторожно нагревайте и проведите возгонку. Низкая температура охлаждающего устройства способствует образованию мелких кристаллов.

Сублимированное вещество осторожно снимите с поверхности охлажденной колбы с помощью стеклянной палочки (не использовать металлический шпатель), поместите в заранее взвешенный сухой бюкс, взвесьте и **вычислите выход вещества в процентах %**.

При оформлении лабораторной работы необходимо ответить на следующие вопросы:

- На каком явлении основана очистка вещества методом возгонки?
- Какие вещества способны к сублимации?
- Объясните, почему при выборе приборов для возгонки предпочтение отдают конструкциям, в которых расстояние между возгоняемым веществом и поверхностью конденсации минимально.
- Объясните, зачем добавляют йодид калия при очистке йода?
- Существуют ли отличия в процессах сублимации йода и хлорида аммония? Если да, то какие?
- Рассчитайте тепловой эффект фазового перехода йода из кристаллического состояния в парообразное.
- Каковы особенности процесса сублимации по сравнению с другими методами очистки веществ (разделения смесей)?
- Какие правила по технике безопасности необходимо соблюдать при выполнении данного опыта?

При ответе на указанные вопросы студенты должны использовать знания, полученные при изучении вопросов термодинамики и химической связи.

Опыт 2. Разделение смеси безводного сульфата натрия Na_2SO_4 и хлорида аммония NH_4Cl

Цель: изучение способа разделения смеси, используя различие в свойствах компонентов смеси.

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка с треножником и асбестовой сеткой
<i>Посуда</i>	круглодонная колба, стакан, стеклянные палочки, бюксы
<i>Реактивы</i>	сульфат натрия, хлорид аммония, хлорид бария, нитрат серебра

Разделение смеси указанных веществ основано на способности хлорида аммония возгоняться. Необходимое для очистки количество смеси измельчите и поместите в прибор для возгонки. Сублимированное вещество осторожно снимите и поместите в сухой, заранее взвешенный бюкс. Оставшийся после возгонки продукт проверьте на ионы аммония и хлорид-ионы с помощью качественных реакций. Полученный продукт взвесьте, проверьте на наличие сульфат-ионов. **Рассчитайте выход вещества от**

теоретически возможного (массу хлорида аммония в смеси и массу смеси возьмите у преподавателя).

Какие правила по технике безопасности необходимо соблюдать при выполнении данного опыта?

При выполнении данного опыта используйте различия в термической устойчивости компонентов смеси.

Опыт 3. Разделение смеси нитрата калия KNO_3 и ортофосфата кальция $Ca_3(PO_4)_2$

Цель: изучение способа разделения смеси, используя различие в растворимости компонентов смеси

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка с треножником и асбестовой сеткой
<i>Посуда</i>	фарфоровая чашка, колба, стакан, стеклянные палочки, воронка для фильтрования, бюксы, воронка Бюхнера
<i>Реактивы</i>	нитрат калия, ортофосфат кальция, нитрат серебра

Способ разделения смеси основан на различной растворимости веществ: нитрат – хорошо растворим, а ортофосфат – плохо. Смесь поместите в стакан, внесите в 10 раз большую массу воды, в течение 10 минут хорошо перемешивайте, а затем отфильтруйте на плотном бумажном фильтре. В конце фильтрования небольшим количеством воды ополосните стакан, в котором была смесь. Промойте осадок на фильтре теплой водой, отделите от фильтра, поместите на часовое стекло, высушите и взвесьте. Фильтрат вместе с промывной водой поместите в фарфоровую чашку, упарьте на водяной бане до появления на поверхности пленки кристаллов. Охладите, отделите от маточного раствора на воронке Бюхнера, высушите и взвесьте.

Полученные вещества проверьте на присутствие примесей: фосфат-ионов, ионов кальция, и нитрат-ионов. Вычислите состав исходной смеси в массовых долях. Сравните с заданным составом смеси (исходные данные о составе смеси получите у преподавателя).

- Какие правила по технике безопасности необходимо соблюдать при выполнении данного опыта?

При выполнении данного опыта используйте знания, полученные при изучении темы «Растворы».

Работа 3. Получение комплексных соединений

Цель: приобретение навыков синтеза комплексных соединений и изучение их свойств

Опыт 1. Получение гексагидрохсокупрата (II) стронция

<i>Оборудование</i>	Весы, газовая горелка, треножник, асбестовая сетка
<i>Посуда</i>	коническая колба, воронка Бюхнера, водяной насос, часовое стекло, чашка Петри
<i>Реактивы</i>	бромид меди (II) CuBr_2 , концентрированный (50%) водный раствор гидроксида натрия NaOH , нитрат стронция $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, универсальный индикатор

Внесите в коническую колбу емкостью 500 мл 2,50 г бромида меди (II) CuBr_2 и растворите при комнатной температуре в 25 мл воды. Затем добавьте к этому раствору 100 мл концентрированного (50%) водного раствора гидроксида натрия NaOH , заранее охлажденного до 5°C .

Полученный раствор, содержащий гексагидрохсокупрат (II) натрия $\text{Na}_4[\text{Cu}(\text{OH})_6]$ нагрейте до кипения и осторожно при тщательном перемешивании добавьте раствор, содержащий 7,0 г нитрата стронция $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ и 20 мл воды. В результате взаимодействия образуется осадок. Быстро отделите его от раствора путем вакуумного фильтрования через фильтр со стеклянной, пористой пластинкой, промойте на фильтре небольшим количеством охлажденного ацетона и высушите на воздухе на часовом стекле или в чашке Петри.

Идентификация – тв.продукт, сине-фиолетовые кристаллы. Водный раствор этого вещества при добавлении универсального индикатора показывает наличие щелочной среды. Качественная реакция на катион стронция: к раствору комплекса добавить хромат-ионы. Признак реакции - образование осадка, который растворяется в разбавленной уксусной кислоте.

Опыт 2. Синтез $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$

<i>Оборудование</i>	весы
<i>Посуда</i>	стакан, воронка Бюхнера, водяной насос, часовое стекло, чашка Петри
<i>Реактивы</i>	сульфат пентагидрата меди(II) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, этанол, концентрированный раствор аммиака

Внесите в химический стакан емкостью 200 мл 5,0 г сульфата пентагидрата меди (II) $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и растворите при умеренном нагревании в небольшом объеме воды (5-6 мл). Раствор слегка охладите и постепенно, при тщательном перемешивании прилейте к нему концентрированный раствор аммиака ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) до полного растворения вначале голубого осадка сульфата гидроксомеди (II) $(\text{CuOH})_2\text{SO}_4$. К полученному темно-синему раствору сульфата тетраамминмеди (II) добавьте 5 мл этанола.

Стакан со смесью охладите в бане со льдом. Отделите выпавшие кристаллы от раствора вакуумным фильтрованием и промойте их на фильтре смесью этанола с раствором аммиака (1:1 по объему). Высушите полученное вещество при температуре 50-60°C. **Рассчитайте выход комплексной соли.**

Идентификация – продукт – ярко синие кристаллы; разлагаются при 280-300°C с образованием бесцветного безводного сульфата меди(II) и газообразных аммиака и воды.

Опыт 3. Получение хлорида гексаамминникеля (II) $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$

<i>Оборудование</i>	весы
<i>Посуда:</i>	стакан, воронка Бюхнера, водяной насос, часовое стекло, чашка Петри
<i>Реактивы:</i>	хлорид гексагидрата никеля(II) $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, концентрированный водный раствор аммиака, кристаллический хлорид аммония NH_4Cl , этиловый спирт

Внесите в химический стакан емкостью 100 мл 5,0 г гексагидрата хлорида никеля(II) $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ и растворите при комнатной температуре в небольшом объеме воды (5-6 мл). Прилейте к раствору 25 мл концентрированного водного раствора аммиака ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), а затем добавьте 6,5 г кристаллического хлорида аммония NH_4Cl . Тщательно перемешайте смесь до полного растворения соли. Полученный раствор охладите в водяной бане со льдом. Выпавшие кристаллы отделите от раствора вакуумным фильтрованием и промойте их на фильтре небольшим объемом концентрированного водного раствора аммиака, затем 2-3 раза этиловым спиртом. Высушите при комнатной температуре. **Рассчитайте выход комплексной соли.**

Идентификация – голубовато-фиолетовые кристаллы, при нагревании до 450°C разлагаются с образованием твердого хлорида никеля(II) и газообразного аммиака.

Опыт 4. Синтез дигидрата трийодоплюмбата (II) калия $K[PbI_3] \cdot 2H_2O$

Оборудование	весы
Посуда	стаканы, воронка Бюхнера, водяной насос, часовое стекло, чашка Петри, водяная баня
Реактивы	нитрат свинца(II), йодид калия

Внесите в термостойкий стакан емкостью 100 мл 4,0 г нитрата свинца(II) $Pb(NO_3)_2$ и растворите при умеренном нагревании в 15 мл воды. В другом стакане также при умеренном нагревании растворите 15,0 г йодида калия KI в 15 мл воды. Затем, не охлаждая растворы, при тщательном перемешивании прилейте к раствору нитрата свинца(II) раствор йодида калия.

Образующийся желтый осадок йодида свинца(II) PbI_2 по мере охлаждения смеси реагирует с избытком йодида калия с образованием светло-желтого дигидрата трийодоплюмбата(II) калия. После охлаждения на холодной водяной бане полученный продукт отделите от жидкой фазы вакуумным фильтрованием (без промывки!) и высушите на воздухе.

Идентификация – светло-желтые кристаллы, реагирует с водой, концентрированными кислотами и щелочами. *Рассчитайте выход комплексной соли.*

Опыт 5. Получение тригидрата триоксالاتохромата (III) калия $K_3[Cr(C_2O_4)_3] \cdot 3H_2O$

Оборудование	весы, газовая горелка, треножник с асбестовой сеткой, водяная баня
Посуда	термостойкие стаканы, фарфоровая чашка, воронка Бюхнера, водоструйный насос, чашка Петри, бюксы
Реактивы	дигидрат щавелевой кислоты, оксалат калия

Внесите в термостойкий стакан емкостью 250 мл 9,0 г дигидрата щавелевой кислоты $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ и 4,0 г оксалата калия $K_2C_2O_4$. Растворите вещества при нагревании и перемешивании в 140 мл воды. В другом химическом стакане емкостью 100 мл приготовьте при умеренном нагревании раствор, содержащий 4,0 г дихромата калия $K_2Cr_2O_7$ и 42 мл воды. К раствору щавелевой кислоты и оксалата калия медленно, при интенсивном перемешивании по каплям прибавьте раствор дихромата калия. Полученную смесь вылейте в фарфоровую чашку и выпаривайте при

умеренном нагревании до появления на поверхности жидкости кристаллов. После этого охладите смесь в бане со льдом.

Выпавшие при охлаждении кристаллы отделите от раствора вакуумным фильтрованием и высушите на воздухе. **Рассчитайте выход комплексной соли.**

Идентификация – темно-зеленые почти черные кристаллы, растворимые в воде.

Опыт 6. Синтез тетрагидрата гекса(тиоцианато)хромата (III) калия $K_3[Cr(NCS)_6] \cdot 4H_2O$

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка, треножник с асбестовой сеткой
<i>Посуда</i>	термостойкие стаканы, фарфоровая чашка, воронка Бюхнера, водоструйный насос, чашка Петри, бюкс
<i>Реактивы</i>	этанол, сульфат додекагидрата хрома(III) –калия $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, тиоцианат калия KSCN

Внесите в термостойкий стакан емкостью 100 мл 5,0 г сульфат додекагидрата хрома(III) –калия $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ и 6,0 г тиоцианата калия KSCN, растворите эти вещества в небольшом количестве воды 5-6 мл при умеренном нагревании. Затем перенесите полученный раствор в фарфоровую чашку и упарьте при умеренном нагревании до появления кристаллов, после чего добавьте в чашку 25 мл этанола. Поскольку полученный комплекс хорошо растворим в спирте, а сульфат калия (второй продукт реакции) практически не растворим, будет наблюдаться образование двухфазной смеси. Вакуумным фильтрованием отделите жидкую фазу, содержащую комплекс от осадка сульфата калия. Осадок отбросьте, а фильтрат упарьте в фарфоровой чашке при умеренном нагревании и затем охладите в бане со льдом. Выпавшие кристаллы отделите вакуумным фильтрованием от маточного раствора и высушите на воздухе. **Рассчитайте выход комплексной соли.**

Идентификация – темные кристаллы с сильным блеском, в отраженном свете красно-фиолетовые, в проходящем – гранатово-красные.

Опыт 7. Синтез гексанитрокобальтата (III) натрия $Na_3[Co(NO_2)_6]$

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка, треножник с асбестовой сеткой
<i>Посуда</i>	термостойкие химические стаканы, стеклянные палочки, воронка Бюхнера, водоструйный насос, чашка Петри, бюксы

<i>Реактивы</i>	шестиводный хлорид кобальта $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ или нитрит кобальта, уксусная кислота, гидроксид натрия
-----------------	---

Растворите в 10 мл воды 10 г шестиводного CoCl_2 или соответствующее количество нитрита кобальта. В другом стакане растворите 30 г нитрита натрия в 100 мл воды при умеренном нагревании. Растворы охладите, слейте вместе, осторожно перемешайте и прилейте 10 мл 50%-й уксусной кислоты (работать под тягой!). Образуется раствор гексанитритокобальтата (III) натрия.

Смеси дайте постоять для формирования осадка, затем раствор отфильтруйте. Гексанитрокобальтат (III) натрия – тонкий желтый порошок, устойчив на воздухе, хорошо растворим в воде, нерастворим в органических растворителях (спирте и эфире). Водный раствор также устойчив.

Идентификация. Подействуйте несколькими каплями полученного раствора на соль калия: образуется желтый осадок: **реактив на ион калия**. При кипячении со щелочью выделяется $\text{Co}(\text{OH})_3$.

Опыт 8. Синтез хлорида хлоропентаамминокобальта (III) $[\text{CoCl}(\text{NH}_3)_5]\text{Cl}_2$

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка, треножник с асбестовой сеткой,
<i>Посуда</i>	термостойкие химические стаканы, воронка Бюхнера, водоструйный насос, чашка Петри, бюксы
<i>Реактивы</i>	шестиводный CoCl_2 , хлорид аммония, аммиак, пероксид водорода, концентрированная соляная кислота, этанол

Растворите 10 г шестиводного CoCl_2 в минимальном количестве воды и 20 г хлорида аммония в 60 мл концентрированного (25%) водного раствора аммиака. Затем слейте эти растворы и добавляйте к полученной смеси 15 мл пероксида водорода (30%) порциями по 2-3 мл. После окончания окисления раствор нейтрализуйте соляной кислотой (конц.), нагрейте все до кипения и оставьте на холоде. Выпавший осадок отфильтруйте, а затем растворите в 2% водном растворе аммиака. Еще горячий раствор отфильтруйте, а затем фильтрат подкислите соляной кислотой и прокипятите. Выпавший осадок после охлаждения отфильтруйте, промойте водой, спиртом и высушите.

Рассчитайте выход комплексной соли.

Идентификация. Внешний вид продукта: кристаллы пурпурного цвета.

После выполнения экспериментальной части:

- Укажите состав внешней и внутренней сферы.
- Определите степень окисления металла-комплексообразователя; дентатность лиганда; заряд комплексного иона.

- Проведите и запишите уравнение качественной реакции на хлорид-ион. Составьте структурную формулу.

- С точки зрения метода валентных связей приведите схему образования химической связи в комплексной частице.

- Определите тип гибридизации атомных орбиталей комплексообразователя.

- Запишите уравнение диссоциации комплекса.

- Укажите константу устойчивости комплекса. Предложите реакции обмена лигандами и реакции разрушения комплекса. Выведите формулу для расчета констант равновесия предлагаемых процессов.

При выполнении данных опытов вам пригодятся знания, полученные в 1 семестре – тема «Химическая связь», «Растворы», «Химическое равновесие», «Комплексные соединения».

Работа 4. Синтез неорганических веществ

Цель: освоение методов синтеза некоторых неорганических соединений

Опыт 1. Получение манганата калия из раствора

<i>Оборудование</i>	весы, водяная баня со льдом
<i>Посуда</i>	термостойкая коническая колба, воронка Бюхнера, водяной насос,
<i>Реактивы</i>	перманганат калия, гидроксид калия

В коническую колбу поместите 5 г перманганата калия, 15 г гидроксида калия и 25 мл воды; кипятите полученный раствор и по мере выкипания, доливайте воду. После приобретения раствором зеленой окраски, охладите при низкой температуре (лед). В осадок выпадают темно-зеленые кристаллы. Отфильтруйте на воронке Бюхнера, промойте холодным раствором щелочи и высушите. На воздухе соль достаточно устойчива.

- Напишите уравнение реакции, составьте уравнение электронного баланса, выпишите соответствующие полуреакции, укажите значения стандартных потенциалов, рассчитайте ЭДС.

- Укажите степень окисления марганца, предскажите окислительно-восстановительные свойства вещества. Докажите свои предположения экспериментально.

Опыт 2. Получение манганата калия сплавлением

Оборудование	весы, газовая горелка
Посуда	термостойкая пробирки, пробиркодержатель термостойкие химические стаканы,
Реактивы	диоксид марганца, хлорат калия, нитрат калия, гидроксид калия

Поместите в пробирку смесь из 4 г хлората калия (или нитрата калия), 10 гранул гидроксида калия и 0,2 г диоксида марганца. Пробирку закрепить в пробиркодержателе и содержимое пробирки расплавить на пламени горелки. Расплав окрашивается в зеленый цвет в результате образования манганата калия. Горячую пробирку опустить в стакан, содержащий 2н раствор щелочи. Полученный раствор использовать для проведения дальнейших исследований.

- Составьте уравнения проведенных химических процессов.
- Укажите степень окисления марганца, предскажите окислительно-восстановительные свойства вещества. Докажите свои предположения экспериментально, используя реактивы, имеющиеся в лаборатории.
- Используя диаграмму Латимера, оцените склонность манганатов к диспропорционированию. Рассчитайте константы равновесия реакций:
$$3\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MnO}_4^- + \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^- \quad (1)$$
$$3\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{MnO}_4^- + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \quad (2)$$
и сделайте вывод о сравнительной устойчивости манганатов в нейтральной и кислой средах при стандартных условиях.
- На основании полученных результатов, укажите, какая среда должна быть в растворе манганата калия, чтобы этот раствор был устойчив в лабораторных условиях.

Выполнение данной работы будет успешным, если студенты воспользуются ранее изученным материалом по теме «Окислительно-восстановительные процессы».

Опыт 3. Получение перлов буры

Оборудование	газовая горелка
Посуда	стеклянные палочки с впаянной платиновой проволокой, фарфоровые чашки
Реактивы	бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, растворы нитратов кобальта (II), хрома (III), железа (III)

В ушко платиновой проволоки поместите небольшое количество буры и нагрейте в пламени горелки, при этом непрерывно вращайте стеклянную палочку, чтобы расплавленная бура не скапывала с нее. При нагревании бура теряет кристаллизационную воду, происходит вспенивание, а затем образование стекловидной прозрачной массы (образование перла). Полученным перлом коснуться раствора одной из солей и прокалить в пламени горелки. При нагревании нитраты металлов разлагаются с образованием соответствующих оксидов. Оксиды растворяются в расплавленной буре и окрашивают перл в соответствующий цвет. После охлаждения осторожно снять (стряхиванием в фарфоровую чашку) с платиновой проволоки полученный перл.

- Составьте уравнения термического разложения буры, нитратов солей, взаимодействия оксидов металлов с бурой.

- Отметьте окраску перлов в зависимости от природы нитратов солей.

Опыт 4. Получение хлорида меди (I)

<i>Оборудование</i>	весы
<i>Посуда</i>	коническая колба с клапаном Бунзена, пинцет, воронка Бюхнера, водяной насос, бюкс
<i>Реактивы</i>	хлорид меди (II), кусочки металлической меди, соляная кислота, спирт

Приготовьте насыщенный раствор хлорида меди (II), добавьте небольшое количество соляной кислоты и поместите кусочки меди. Закройте колбу пробкой с клапаном Бунзена. Через несколько дней на дне колбы образуется осадок хлорида меди (I). Металлическую медь удалите пинцетом. Осадок отфильтруйте, промойте водой, спиртом, эфиром и высушите. Хранить продукт нужно в бюксе.

- Напишите уравнение реакции, составьте уравнение электронного баланса, выпишите соответствующие полуреакции, укажите значения стандартных потенциалов, рассчитайте ЭДС.

- Предскажите свойства полученного соединения. Подтвердите их экспериментально, используя реактивы, имеющиеся в лаборатории.

- Предложите альтернативные способы получения.

Результаты данного эксперимента пригодятся студентам при изучении темы «Медь и ее соединения» во 2 семестре.

Опыт 5. Получение роданида ртути («фараоновы змеи»)

Посуда	химические стаканы, водяной нанос, воронка Бюхнера, фильтровальная бумага
Реактивы	нитрат ртути (II), роданид калия, азотная кислота (2 н)

Приготовьте концентрированные растворы нитрата ртути (II) (7г) и роданида калия (2 г). Для предупреждения гидролиза в раствор нитрата ртути прилейте небольшое количество азотной кислоты. Слейте растворы веществ и наблюдайте образование осадка (соотношение реагирующих веществ приблизительно 3:1 по массе). Выпавший осадок отфильтруйте на воронке Бюхнера, промойте на фильтре несколько раз водой. Часть осадка смешайте с небольшим количеством крахмального клейстера. Каждую часть осадка поместите на фильтровальную бумагу, сформируйте образцы цилиндрической формы и высушите на воздухе. Храните в плотно закрытой склянке. При температуре 165°C роданид ртути разлагается, продукты разложения занимают объем, значительно превышающий объем исходной соли. По внешнему виду разложение этого вещества имеет сходство с движущимися змеями, отсюда и название «фараоновы змеи».

- *Напишите уравнение реакции получения роданида ртути (II) и исследуйте его термическую устойчивость.*

- *Какие правила по технике безопасности необходимо соблюдать при проведении эксперимента?*

Результаты данного эксперимента пригодятся студентам при изучении темы «Ртуть и ее соединения» во 2 семестре.

Опыт 6. Приготовление смеси для «бенгальских огней»

Оборудование	газовая горелка, керамические плитки, 4 фарфоровые ступки
Реактивы	стеклянная длинная палочка, один конец которой обмотан ватой – «зажигалка», сера, уголь, хлорат калия, спирт, нитраты стронция и бария

В фарфоровых ступках тщательно растереть (измельчить) каждое из исходных веществ. Все исходные компоненты должны быть сухими и хорошо перемешаны. Каждая смесь хранится в отдельной склянке, хорошо закрытой. Для демонстрации горения «бенгальских огней», компоненты смеси отдельно перемешивают, помещают на керамическую плитку,

поджигают с помощью «зажигалки» смоченной спиртом. Реакция протекает со вспышкой. Пламя окрашивается в соответствующий цвет.

Состав «огней»:

Красный – 4г $KClO_3$ + 11г S + 2г C + 33г $Sr(NO_3)_2$

Зеленый – 9г $KClO_3$ + 10г S + 3г C + 31г $Ba(NO_3)_2$

- Составьте уравнения химических реакций, которые могут происходить при горении «бенгальских огней».

При выполнении эксперимента используйте знания по изучению «Окислительно-восстановительных процессов».

Опыт 7. Получение основных карбонатов меди, цинка, свинца

Цель: изучить способы получения основных солей и их свойства

Оборудование	весы, газовая горелка, пробиркодержатели, пробирки
Посуда	химические термостойкие стаканы, водяной насос, воронка Бюхнера, стеклянные палочки для перемешивания растворов, чашки Петри, бюксы
Реактивы	растворимые соли меди, свинца, цинка, карбонат натрия, соляная (серная) кислота,

Прежде чем приступить к выполнению эксперимента, выясните у преподавателя, какое количество по массе основного карбоната вам необходимо получить. **Рассмотрите различные способы получения основных солей.**

Используя растворы солей меди (или цинка, свинца) и карбоната натрия получите основные карбонаты.

- Рассчитайте необходимое для проведения синтеза массу соли и карбоната.

- В какой последовательности необходимо сливать реагирующие компоненты?

- Используемые растворы должны быть концентрированными или разбавленными? Образовавшийся осадок отфильтруйте на воронке Бюхнера. Высушите в чашке Петри на воздухе. Рассчитайте практический выход соли от теоретически возможного.

- Объясните, почему продуктом реакции является образование основного карбоната, а не соответствующих гидроксидов или карбонатов меди, цинка, свинца?

- Исследуйте: термическую устойчивость продуктов и основные свойства (отношение к кислотам).

- *Напишите соответствующие уравнения химических превращений и укажите признаки химических реакций.*

Для обоснованного ответа используйте таблично-справочные данные.

При выполнении эксперимента используйте знания, (о производстве растворимости (ПР); гидролизе солей; факторах, влияющих на процесс гидролиза; реакциях ионного обмена; правилах образования и растворения осадков) которые были получены в 1 семестре.

Опыт 8. Приготовление окислительно-восстановительной смеси – «черного пороха»

<i>Оборудование</i>	аппарат Киппа с мрамором и соляной кислотой
<i>Посуда</i>	Термостойкий химический стакан, длинная стеклянная палочка, длинная лучина
<i>Реактивы</i>	нитрат калия, сера, уголь

Исходные компоненты тщательно разотрите в фарфоровой ступке, каждое по отдельности и поместите в сухие, плотно закрывающиеся бьюксы или склянки с притертыми пробками. Смесь готовят путем тщательного перемешивания сухих мелко измельченных порошков нитрата калия, серы и угля.

Приготовьте смесь из 16 г нитрата калия с 2 г серы и 2 г угля. Половину этой смеси поместите на керамическую плитку и подожгите с помощью длинной лучины. Смесь вспыхивает и быстро сгорает. Вторую половину смеси поместите на кусок асбеста, находящегося на дне большого термостойкого стакана. Наполните стакан углекислым газом из аппарата Киппа. Накалите конец стеклянной палочки в пламени горелки и поднесите к смеси на дне стакана. Смесь сгорает так же, как и на воздухе.

Т.е. полученная смесь горит в атмосфере углекислого газа.

- *Напишите уравнение химического процесса. Где используется такая смесь?*

- *За счет чего происходит процесс горения смеси?*

При выполнении работы, используйте знания об окислительно-восстановительных свойствах химических соединений, полученных ранее.

Работа 5. Адсорбция как способ разделения смесей и очистки веществ

Цель: изучение адсорбции твердыми адсорбентами, проверка адсорбционной способности активированного угля

<i>Оборудование</i>	весы
<i>Посуда</i>	штатив с пробирками, воронки, колбы, стеклянная трубочка длиной около 10 см и диаметром 5-6 мм, пипетка на 10 и 50 мл, мерная пробирка, бюретки
<i>Реактивы</i>	сероводородная вода, раствор индиго, раствор йода, раствор нитрата свинца, фильтровальная бумага, раствор йодида калия, водный и спиртовой раствор фуксина одинаковой концентрации, растворы солей меди (II), кобальта (II) и железа (III), оксид алюминия, фенолфталеин, раствор гидроксида натрия 0,1 н активированный уголь, растворы уксусной кислоты 0,1 н и 0,05 н.

Опыт 1. Адсорбция углем различных веществ из растворов

(демонстрация на лекции)

Налейте в пробирку сероводородную воду, в другую пробирку – раствор индиго, в третью – раствор йода. В каждую пробирку всыпьте по 0,2 г активированного угля, перемешайте и отфильтруйте.

- *Отметьте наблюдаемые изменения запаха и цвета.*
- *Объясните наблюдаемые явления.*

Опыт 2. Адсорбция ионов свинца углем *(демонстрация на лекции)*

В две пробирки налейте по 5 мл 0,05%-ного раствора нитрата свинца. В одну пробирку добавьте небольшое количество раствора йодида калия для доказательства ионов свинца в растворе.

В другую пробирку добавьте 0,2 г активированного угля и взбалтывайте в течение 5 мин. Отфильтруйте раствор и проверьте присутствие ионов свинца, используя качественную реакцию.

- *Напишите уравнение качественной реакции и объясните наблюдаемое явление.*
- *Дайте определение понятия адсорбция?*
- *Какой вид адсорбции происходит в данном случае: физическая и химическая адсорбция?*

Опыт 3. Влияние природы растворителя на адсорбцию (демонстрация на лекции)

В одну пробирку налейте 5 мл слабоокрашенного водного раствора фуксина, в другую такое же количество спиртового раствора. В обе пробирки внесите по 0,2 г активированного угля и взбалтывайте в течение 5 мин. Отфильтруйте растворы.

- Почему в одном случае адсорбция идет хорошо, в другом плохо?

Опыт 4. Хроматографическое разделение солей (демонстрация на лекции)

В качестве адсорбента в опыте используется оксид алюминия Al_2O_3 . Стекланную трубочку длиной около 10 см и внутренним диаметром 5-6 мм закройте с одного конца пробочкой из фильтровальной бумаги, заполните ее оксидом алюминия высотой около 5 см.

Налейте в небольшую пробирку по 5-6 капель 0,5 н растворов солей Cu^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} и опустите в смесь солей трубку, заполненную оксидом алюминия. При капиллярном поднятии раствора в трубку ионы солей избирательно адсорбируются на поверхности зерен оксида алюминия и распределяться в виде окрашенных слоев по высоте адсорбента.

- Зная, в какой цвет окрашены исходные растворы солей, укажите, в каком порядке эти соли адсорбируются из раствора.

Опыт 5. Адсорбция уксусной кислоты

В три чистые, сухие и пронумерованные колбы внесите по 1 г активированного угля. С помощью пипетки внесите в колбы по 50 мл уксусной кислоты следующих концентраций: в первую – 0,2 н; во вторую = 0,1 н, в третью – 0,5 н. Закройте колбы пробками и перемешивайте содержимое в течение 20 мин. Отфильтруйте растворы в отдельные пронумерованные колбы.

10 мл каждого фильтрата поместите в отдельные колбы, добавьте по капле фенолфталеина и оттитруйте раствором 0,1 н гидроксида натрия. Для этого раствор гидроксида натрия необходимо налить в бюретку и титровать им до бледно-розового окрашивания растворов в колбах с уксусной кислотой. Запишите количество израсходованного раствора гидроксида натрия в первом, втором и третьем случаях.

Объем исследуемого раствора уксусной кислоты, мл	Объем раствора гидроксида натрия, израсходованного на титрование, мл
1-й раствор - 10 мл	

2-й раствор – 10 мл	
3-й раствор – 10 мл	

Нормальность уксусной кислоты рассчитайте по формуле:

$$C_k V_k = C_{щ} V_{щ}$$

Где C_k – нормальность кислоты,

V_k – объем раствора уксусной кислоты, мл

$C_{щ}$ – нормальность щелочи,

$V_{щ}$ – объем израсходованного раствора щелочи.

Рассчитайте нормальность раствора уксусной кислоты после адсорбции в первой, второй и третьей колбе. На основании данных расчета определите количество адсорбированной кислоты во всех трех случаях.

Количество кислоты, поглощенной 1 г адсорбента (угля) на 50 мл раствора кислоты, определяется по формуле:

$$X = (C_o - C_p) 50/10000 \text{ (моль/г)},$$

где C_o - концентрация уксусной кислоты до адсорбции

C_p – концентрация кислоты после адсорбции (равновесная концентрация)

Используя результаты эксперимента, постройте кривую адсорбции, откладывая по оси абсцисс значение C_o , а по оси ординат – количество адсорбированной кислоты на 1 г адсорбента.

- *Сделайте вывод о зависимости адсорбции от концентрации растворенных веществ.*

- *В чем проявляется особенность поверхностного слоя на границе раздела фаз?*

- *Что такое адсорбция?*

- *В каких единицах измеряется адсорбция?*

- *Приведите уравнение Гиббса.*

- *Приведите уравнения Фрейндлиха и Лэнгмюра.*

- *Приведите основные положения теории мономолекулярной теории Лэнгмюра.*

Используйте знания по теме «Растворы» и «Химическая связь».

Результаты этого исследования используйте при изучении темы «Углерод и его соединения» во 2 семестре.

Работа 6. Получение и очистка газов

Цель: изучение способов получения и очистки газов от примесей

В основе получения газов лежат различные химические реакции. Чаще всего используют взаимодействие твердого вещества с раствором другого вещества. В этом случае универсальным является прибор, состоящий из колбы с отводной трубкой (колбы Вюрца) и капельной воронкой. Твердое вещество помещают в колбу, раствор – в капельную воронку. Дозируя с помощью крана подачу раствора из капельной воронки, можно регулировать скорость выделения газа.

Для многократного получения газа или получения его в больших количествах удобен аппарат Киппа.

Газы, поставляемые промышленностью и получаемые в лаборатории, могут содержать различные примеси, что обуславливает необходимость их очистки. Выбор способа очистки зависит от химической природы газа и его примесей и определяется целями его дальнейшего использования.

В данном практикуме предстоит познакомиться с некоторыми способами получения и очистки газов.

Опыт 1. Получение и очистка углекислого газа

<i>Оборудование</i>	аппарат Киппа
<i>Реактивы</i>	соляная кислота, мрамор, сульфид железа(II), соль меди(II), концентрированная серная кислота, нитрат серебра

Углекислый газ получают в аппарате Киппа действием разбавленной соляной кислоты (20%) на мрамор. Для того чтобы в данной работе специально загрязнить углекислый газ сероводородом, в аппарат Киппа вносят небольшую массу сульфида железа (II). К аппарату Киппа последовательно присоединяют серию очистительных склянок, заполнив их соответственно водой, раствором соли меди (II), концентрированной серной кислотой. Набор веществ и последовательность их размещения в системе приведены с учетом возможных загрязнений углекислого газа. Получите углекислый газ, пропустите его через очистительную систему. Отметьте наблюдаемые эффекты.

Чтобы проверить, не содержится ли в полученном CO_2 хлороводород, пропустите газ через подкисленный азотной кислотой раствор нитрата серебра. Запишите уравнения протекающих реакций.

- Объясните подбор веществ в очистительной системе и последовательность расположения в ней склянок с разными веществами.

- Можно ли раствор соляной кислоты заменить на серную, азотную или фосфорную кислоты? Дайте обоснованный ответ.

- Какие правила по технике безопасности необходимо соблюдать при выполнении данного опыта?

Результаты этого исследования используйте при изучении темы «Углерод и его соединения» во 2 семестре.

Опыт 2. Получение и очистка кислорода

Оборудование	штатив, газовая горелка с треножником и асбестовой сеткой
Посуда	колба Вюрца, пробка
Реактивы	карбонат свинца, перманганат калия, нитрат калия, хлорат калия, гидроксид кальция, концентрированная серная кислота

Используются реакции термического разложения хлората калия, перманганата калия или нитрата калия. Термическое разложение солей проводят в колбе Вюрца. Поместите вещество в колбу. Чтобы специально загрязнить получаемый кислород, в колбу помещают небольшое количество *карбоната свинца*. Колбу закройте пробкой, укрепите в штативе, присоедините очистительную систему из серии промывных склянок, заполненных последовательно водой, раствором гидроксида кальция и концентрированной серной кислотой. Вещества в очистительной системе и последовательность расположения в ней склянок с этими веществами подобраны с учетом возможных загрязнений кислорода в данном случае. Получите кислород нагреванием колбы на газовой горелке и пропускайте его через очистительную систему. Отметьте наблюдаемые эффекты. Запишите уравнения протекающих реакций. Объясните подбор веществ в очистительной системе и последовательность расположения в ней склянок с разными веществами.

- Предложите поглотители для разделения путем связывания следующих газов из их смесей:

- CO_2 , CO , H_2 ;

- Cl_2 , O_2 , HCl ;

- O_2 , SO_2 , NH_3 ;

- H_2S , H_2 , O_2 .

Используйте ранее полученные знания об окислительно-восстановительных и основно-кислотных свойствах химических соединений.

Работа 7. Физико-химические методы идентификации неорганических соединений

Цель: применение термического анализа и рентгенофазового анализа для идентификации неорганических соединений

Опыт 1. Синтез и исследование процессов термического разложения оксалатов магния, кальция и бария

Для синтеза различных оксидов металлов в качестве исходных веществ применяют оксалаты, т.к. при их разложении выделяются оксид углерода (II) и оксид углерода (IV), в атмосфере которых оксиды металлов могут существовать не подвергаясь окислению. Получить оксиды металлов при разложении солей других кислот трудно (многие разлагаются при сильном нагревании) или нельзя. Например, разложение сульфатов большинства тяжелых металлов происходит только при высокой температуре, а фосфаты, бораты, вольфраматы при нагревании не разлагаются.

<i>Оборудование</i>	газовая горелка, асбестовая сетка,
<i>Посуда</i>	химические термостойкие стаканы, стеклянные палочки для перемешивания растворов, воронка Бюхнера, чашка Петри, бюксы
<i>Реактивы</i>	оксалат аммония, растворимые соли магния, кальция, бария

Основной способ получения оксалатов является реакция обмена между растворами оксалата аммония и солями магния (или кальция, бария).

При сливании исходных растворов образуются осадки оксалатов. Декантируйте полученную смесь и отфильтруйте осадок на воронке Бюхнера. Высушите на воздухе до постоянной массы.

- *Напишите уравнения реакции образования оксалата магния (кальция, бария)*

- *Укажите табличные значения ПР соответствующих оксалатов.*

- *Проведите термическое исследование полученных соединений.*

- Определите состав продуктов реакции – оксалатов: какие оксалаты являются кристаллогидратами, а какие кристаллизуются в виде безводных соединений? Чем это обусловлено?

- Определите температуру дегидратации и разложения синтезированных оксалатов.

- Имеется ли закономерность в изменении температур разложения анализируемых оксалатов? Чем это обусловлено?

- Рассчитайте по данным термического анализа продукты разложения оксалатов.

- Напишите схему процесса разложения оксалатов указанных металлов.

Опыт 2. Синтез, рентгенографическое и термическое исследование карбоната неодима

<i>Оборудование</i>	весы
<i>Посуда</i>	коническая колба, термостойкий химический стакан, стеклянная палочка, водяной насос, воронка Бюхнера, чашка Петри, бюксы
<i>Реактивы</i>	кристаллогидрат хлорида неодима, карбонат аммония

Прежде чем приступить к выполнению экспериментальной части, выясните у преподавателя, какое количество по массе вы должны получить карбоната неодима. Используя схему процесса осаждения карбоната неодима по обменной реакции, рассчитайте необходимое количество исходных веществ.

На химических весах взвесьте нужное количество исходных солей, приготовьте концентрированные растворы и к раствору хлорида неодима добавляйте при постоянном перемешивании раствор карбоната аммония. Проверьте полноту осаждения карбоната неодима. Полученный осадок отфильтруйте на воронке Бюхнера, промойте дистиллированной водой до отрицательной реакции на хлорид-ионы. Осадок промойте спиртом и высушите на воздухе до постоянной массы.

Проведите термический анализ продукта реакции.

- Определите состав продукта реакции.

- Определите температуру дегидратации и разложения.

- Рассчитайте по данным термического анализа продукты разложения.

- Напишите схему процесса разложения карбоната неодима.

Проведите рентгенофазовый анализ карбоната неодима

Опыт 3. Синтез алюмокалиевых квасцов

<i>Оборудование</i>	весы
<i>Посуда</i>	водяная баня, воронка Бюхнера, химические стаканы,
<i>Реактивы</i>	кристаллогидрат сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, сульфат калия, чашка Петри, бюкс

Приготовьте раствор из 20 г сульфата алюминия и 40-50 мл воды. В другом стакане приготовьте раствор сульфата калия. Слейте приготовленные растворы. Если есть необходимость, отфильтруйте раствор от механической примеси. Перелейте раствор в фарфоровую чашку и упарьте на водяной бане до начала кристаллизации. Быстро охладите при перемешивании. Выпавшие кристаллы отфильтруйте на воронке Бюхнера.

- Рассчитайте выход продукта от теоретически возможного.
- Проведите идентификацию продукта, используя методы термогравиметрии и рентгенофазового анализа.
- Оцените химические свойства полученного вещества.

Опыт 4. Синтез карбоната кобальта

<i>Оборудование</i>	весы, газовая горелка, треножник
<i>Посуда</i>	химические термостойкие стаканы, колба коническая, водяная баня, воронка Бюхнера, чашка Петри, бюкс
<i>Реактивы</i>	нитрат кобальта, карбонат натрия

Рассмотрите различные способы получения карбоната кобальта. Выясните у преподавателя, какое количество продукта вам необходимо получить. Напишите уравнение реакции, в соответствии с которым вы проведете синтез. Растворите при нагревании исходные соли в воде, не доводя до кипения. В раствор хлорида кобальта добавьте при постоянном перемешивании раствор карбоната натрия. Выдержите полученную смесь на горячей водяной бане для формирования осадка. Полученный осадок промойте несколько раз декантацией и отфильтруйте на воронке Бюхнера. Высушите на воздухе до постоянной массы.

- Рассчитайте выход продукта реакции.
- Возможно ли образование гидрокарбоната кобальта в ходе синтеза?
- Проведите идентификацию продукта, используя методы термогравиметрии и рентгенофазового анализа.
- Оцените экспериментально химические свойства полученного вещества.

$\omega(X) = \frac{m(X)}{m_{p-ра}}$	$N_1 = \frac{v_1}{v_1 + v_2}$	$C_M = \frac{v}{V_{p-ра}}$
$K_A = \frac{[H^+][A^-]}{HA}$		$C_m = \frac{v}{m_{p-ля}}$
$K_B = \frac{[Me^+][OH^-]}{MeOH}$		$\alpha = \frac{N_{дисс.}}{N_{общ.}}$
$K_w = [H^+][OH^-]$		$\alpha = \frac{i-1}{n-1}$
$IP_{(AxBy)} = [A^x]^x \cdot [B^y]^y$		$\alpha = \sqrt{K/C} \quad h = \sqrt{K_r/C}$
$\Delta G^0_r = -RT \ln K_p$ $\Delta G^0_{растворения} = -RT \ln IP$ $\Delta G^0_{гидролиза} = -RT \ln K_{гидролиза}$		$pH = -\lg [H^+]$ $pOH = -\lg [OH^-]$ $pH + pOH = 14$
$\Delta t_{зам.} = \frac{K \cdot m_1 \cdot 1000}{M \cdot m_2}$		Разрушение комплекса с образованием осадка $K_{равн} = 1/IP \cdot K_{уст}$
$\Delta t_{кип.} = \frac{E \cdot m_1 \cdot 1000}{M \cdot m_2}$		Растворение осадка с образованием комплекса $K_{равн} = K_{уст} \cdot IP$
$P_{осм.} = vRT/V$		$\frac{P_0 - P_1}{P_0} = \frac{\Delta P}{P_0} = \frac{v_1}{v_1 + v_2} = N$

Гидролиз		
По аниону	По катиону	По катиону и аниону
$K_r = \frac{K_w}{K_a}$	$K_r = \frac{K_w}{K_b}$	$K_r = \frac{K_w}{K_a K_b}$
Реакции нейтрализации		
Сильная кислота + сильное основание		$K_p = \frac{1}{K_w}$
Сильная кислота + слабое основание		$K_p = \frac{K_b}{K_w}$
Слабая кислота + сильное основание		$K_p = \frac{K_a}{K_w}$
Перерасчет ПР на растворимость		
S (моль/л) вещества A_xB_y :		
$x:y = 1:1$ $S = \sqrt{ПР}$	$x:y = 3:1$ (1:3) $S = \sqrt[4]{ПР / 27}$	
$x:y = 2:1$ (1:2) $S = \sqrt[3]{ПР / 4}$	$x:y = 3:2$ (2:3) $S = \sqrt[5]{ПР / 108}$	

Ряд электроотрицательности

F > O > N > Cl > Br > I > S > C > Se > P > As > H > B > Cu > Pb > Si > Sn
> Fe > Al > Li > K

СПЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД ЛИГАНДОВ

$I^- < Br^- < SCN^- < C^- < NO_3^- < F^- < OH^- < C_2O_4^{2-} < H_2O < NCS^- <$
 $CH_3CN < NH_3 < en < bipy < phen < NO_2^- < CN^- < CO$

Уравнение Нернста:

$$E = E^{\circ} + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[Ox]^x}{[Red]^y}$$

Зависимость электродного потенциала от pH среды:

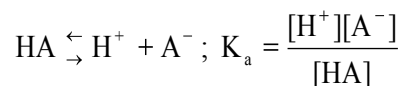
$$E = E^{\circ} - 0,059 \frac{\nu}{n} \text{pH} ,$$

где n – число электронов, ν – коэффициент перед катионом H^+ в уравнении окислительно-восстановительной реакции при условии, что концентрация всех веществ и ионов, кроме H^+ , равны 1.

$$\ln K = \frac{nF\Delta E^{\circ}}{RT} = \frac{n\Delta E^{\circ}}{0,0257} \rightarrow K = e^{\frac{n\Delta E^{\circ}}{0,0257}} = 10^{\frac{n\Delta E^{\circ}}{0,0592}}$$

где n – число электронов, принимающих участие в окислительно-восстановительном процессе, F – число Фарадея,

КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ КИСЛОТ



Значения K_a приведены для температуры 298,15 К

Название	Формула	K_a
Азотистая	HNO_2	$6,9 \cdot 10^{-4}$
Азотная	HNO_3	$4,4 \cdot 10$
Бромоводородная	HBr	10^9
Иодоводородная	HI	10^{11}
Кремниевая	H_4SiO_4	
K_1		$1,3 \cdot 10^{-10}$
K_2		$1,6 \cdot 10^{-12}$
K_3		$2,0 \cdot 10^{-14}$
Марганцовая	HMnO_4	$\approx 10^8$
Марганцовистая	H_2MnO_4	
K_1		$\approx 10^{-1}$
K_2		$7,1 \cdot 10^{-11}$
Серная	H_2SO_4	
K_1		10^3
K_2		$1,1 \cdot 10^{-2}$
Сернистая	H_2SO_3	
K_1		$1,4 \cdot 10^{-2}$
K_2		$6,2 \cdot 10^{-8}$
Сероводородная	H_2S	
K_1		$1,0 \cdot 10^{-7}$
K_2		$2,5 \cdot 10^{-13}$
Угольная	$\text{CO}_2(\text{p}) + \text{H}_2\text{O}$	
K_1		$4,5 \cdot 10^{-7}$
K_2		$4,8 \cdot 10^{-11}$
Уксусная	CH_3COOH	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Фосфорная, орто	H_3PO_4	
K_1		$7,1 \cdot 10^{-3}$
K_2		$6,2 \cdot 10^{-8}$
K_3		$5,0 \cdot 10^{-13}$
Фосфорная, пиро	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	
K_1		$1,2 \cdot 10^{-1}$
K_2		$7,9 \cdot 10^{-3}$
Фтороводородная	HF	$6,2 \cdot 10^{-4}$
Хлороводородная (соляная) кислота	HCl	10^7
Хлорная	HClO_4	$\approx 10^8$
Хлорноватая	HClO_3	$\approx 10^3$
Хлористая	HClO_2	$1,1 \cdot 10^{-2}$
Хлорноватистая	HClO	$2,9 \cdot 10^{-8}$
Хромовая	H_2CrO_4	
K_1		$1,6 \cdot 10^{-1}$
K_2		$3,2 \cdot 10^{-7}$

СТАНДАРТНЫЕ ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОТЕНЦИАЛЫ E₀

В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ПРИ 298 К

Элемент	Электродный процесс	E°, В	Элемент	Электродный процесс	E°, В
Al	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 3\bar{e} = \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,34	N	$2\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} = \text{N}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O}$	+1,12
Br	$\text{Br}_2 + 2\bar{e} = 2\text{Br}^-$	+1,065		$2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} = \text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,24
	$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,44		$\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{NO} + 4\text{OH}^-$	-0,14
	$2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} = \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,52		$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	-0,01
Cl	$\text{Cl}_2 + 2\bar{e} = 2\text{Cl}^-$	+1,36		$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,78
Cr	$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Cr}$	-0,74		$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,87
	$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{Cr}(\text{OH})_3 + 5\text{OH}^-$	-0,13		$\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,94
	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\bar{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	1,33		$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,957
F	$\text{F}_2 + 2\bar{e} = 2\text{F}^-$	+2,87		$\text{NO}_2^- + 2\text{H}^+ + \bar{e} = \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+1,20
Fe	$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Fe}$	-0,44		O	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} = 4\text{OH}^-$
	$\text{Fe}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Fe}$	-0,04	$\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2\text{O}_2$		+0,68
	$\text{Fe}^{3+} + \bar{e} = \text{Fe}^{2+}$	+0,77	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\bar{e} = 2\text{H}_2\text{O}$		+1,23
H	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2$	0,00	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = 2\text{H}_2\text{O}$		+1,78
	$\text{H}_2 + 2\bar{e} = 2\text{H}^-$	-2,25	Pb	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,46
I	$\text{I}_{2(\text{k})} + 2\bar{e} = 2\text{I}^-$	+0,54		$\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,68
Mn	$\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Mn}$	-1,19	S	$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2\text{S}$	+0,141
	$\text{MnO}_4^- + \bar{e} = \text{MnO}_4^{2-}$	+0,56		$\text{S} + 2\bar{e} = \text{S}^{2-}$	-0,46
	$\text{MnO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,65		$\text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\bar{e} = \text{S} + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,45
	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,69		$\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^-$	-0,93
	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23		$\text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	+0,22
	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\bar{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51		$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} = \text{S} + 8\text{OH}^-$	-0,75
	$\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,70		$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 8\bar{e} = \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,149
	$\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+2,26		$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,357
N	$\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \bar{e} = \text{NO} + 2\text{OH}^-$	+0,46		$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} = \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,31

РЯД СТАНДАРТНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ МЕТАЛЛОВ

Li	Cs	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Co	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	Ag	Hg	Pt	Au
-3,04	-3,01	-2,92	-2,90	-2,87	-2,71	-2,36	-1,66	-0,76	-0,44	-0,28	-0,25	-0,14	-0,13	0	+0,34	+0,80	+0,85	+1,28	+1,5
Li ⁺	Cs ⁺	K ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	Zn ²⁺	Fe ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	2 H ⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺

Восстановительная активность металлов (свойство отдавать электроны) уменьшается, а окислительная способность их катионов (свойство присоединять электроны) увеличивается в указанном ряду слева направо.

ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ
МАЛОРАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ

Вещество	ПР	Вещество	ПР
AgBr	$5,3 \cdot 10^{-13}$	CuS	$6,3 \cdot 10^{-36}$
AgCN	$1,4 \cdot 10^{-16}$	Fe(OH) ₂	$8 \cdot 10^{-16}$
AgCl	$1,78 \cdot 10^{-10}$	Fe(OH) ₃	$6,3 \cdot 10^{-38}$
Ag ₂ CrO ₄	$1,1 \cdot 10^{-12}$	FeS	$5 \cdot 10^{-18}$
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	$1 \cdot 10^{-10}$	KClO ₄	$1,1 \cdot 10^{-2}$
AgI	$8,3 \cdot 10^{-17}$	Mg(OH) ₂	$6,0 \cdot 10^{-10}$
Ag ₃ PO ₄	$1,3 \cdot 10^{-20}$	MgCO ₃	$7,9 \cdot 10^{-6}$
Ag ₂ S	$2 \cdot 10^{-50}$	Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1 \cdot 10^{-13}$
BaC ₂ O ₄	$1,1 \cdot 10^{-7}$	MgC ₂ O ₄	$8,6 \cdot 10^{-5}$
BaCO ₃	$4,0 \cdot 10^{-10}$	MnS	$2,5 \cdot 10^{-10}$
BaCrO ₄	$1,2 \cdot 10^{-10}$	PbI ₂	$1,1 \cdot 10^{-9}$
BaSO ₄	$1,1 \cdot 10^{-10}$	PbS	$2,5 \cdot 10^{-27}$
CaCO ₃	$4,8 \cdot 10^{-9}$	PbCrO ₄	$1,8 \cdot 10^{-14}$
CaC ₂ O ₄	$2,3 \cdot 10^{-9}$	Pb(OH) ₂	$5,5 \cdot 10^{-16}$
CaCrO ₄	$7,1 \cdot 10^{-4}$	PbCO ₃	$3,6 \cdot 10^{-14}$
CaF ₂	$4,0 \cdot 10^{-11}$	Pb(OH) ₂ 2PbCO ₃	$1,5 \cdot 10^{-31}$
Ca ₃ (PO ₄) ₂	$2,0 \cdot 10^{-29}$	PbSO ₄	$1,6 \cdot 10^{-8}$
Cu(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-20}$	Zn(CN) ₂	$2,6 \cdot 10^{-13}$
CuCO ₃	$5,6 \cdot 10^{-20}$	Zn(OH) ₂	$1,2 \cdot 10^{-17}$
(CuOH) ₂ CO ₃	$1,7 \cdot 10^{-34}$	ZnCO ₃	$5,3 \cdot 10^{-11}$

Растворимость солей (г/100г воды) в перерасчете на безводную соль

Соль	Температура, °С						
	20	30	40	50	60	70	80
K ₂ Cr ₂ O ₇	12,48	18,2	25,9	-	45,58	-	73,01
Na ₂ S ₂ O ₃	70,1	-	-	-	191,3	-	229
Na ₂ B ₄ O ₇	2,5	3,9	6,4	10,5	17,4	20,6	24,3
NaCl	35,9	36,1	36,4	36,8	37,2	37,5	38,1
Na ₂ CO ₃	21,8	39,7	48,8	47,3	46,4	45,6	45,1
NaHCO ₃	9,59	11,1	12,7	-	16,4	-	20,2
NaNO ₃	87,6	-	-	114,1	124,7	-	149
CuSO ₄	20,5	24,4	28,7	33,7	39,5	-	55,5
H ₃ BO ₃	4,87	6,77	8,9	11,39	14,89	-	23,54

КОНСТАНТЫ ДИССОЦИАЦИИ НЕКОТОРЫХ ОСНОВАНИЙ

Вещество	K ₁	K ₂	K ₃
KOH	2,9		
NaOH	1,5		
LiOH	0,44		
Ba(OH)₂	0,23		
Sr(OH)₂	0,15		
Ca(OH)₂	4,3·10⁻²		
Mg(OH)₂	2,5·10⁻³		
Fe(OH)₂	1,2·10⁻²	5,5·10⁻⁸	
NH₃·H₂O	1,7·10⁻⁵		
Zn(OH)₂	1,3·10⁻⁵	4,9·10⁻⁷	
Al(OH)₃	8,3·10⁻⁹	2,1·10⁻⁹	1,0·10⁻⁹
Fe(OH)₃	4,8·10⁻¹¹	1,8·10⁻¹¹	1,5·10⁻¹²
Cu(OH)₂	3,4·10⁻⁷	7,9·10⁻¹⁴	
Pb(OH)₂	9,6·10⁻⁴	3,0·10⁻⁸	
Cr(OH)₃		3,5·10⁻⁹	8,9·10⁻¹¹

Список литературы

1. Неорганическая химия. Химия элементов: Учебник в 2 томах. Т.1 / Ю.Д.Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007. – 537 с.
2. Неорганическая химия. Химия элементов: Учебник в 2 томах. Т.2 / Ю.Д.Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ; ИКЦ «Академкнига», 2007. – 670 с.
3. Константы неорганических веществ: справочник / Р.А.Лидин, Л.Л.Андреева, В.А. Молочко; под ред. Р.А. Лидина. – 3-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2008. – 685 с.
4. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред.Р.А.Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2006. – 480 с.
5. Жарких Н.А. Химия для экономических колледжей / Серия «Учебники, учебные пособия». – Ростов н/Д: Феликс, 2004. -320 с.
6. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб.пособие / В.В.Свиридов, Г.А.Попкович, Е.И. Василевская, Н.В.Логинова. – Мн.: Выш.шк., 2003. – 96 с.