

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет естественных наук
Кафедра общей химии

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО
НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

**для студентов I курса
биологического отделения ФЕН**

Третье издание, дополненное и исправленное

Новосибирск
2023

Составители:
д.х.н., проф. С. В. Корнев,
д.х.н. Н. Г. Наумов,
д.х.н. Ю. В. Шубин.

Издание подготовлено в рамках *Программы развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский государственный университет»* на 2009-2018 годы

Л **Лабораторные работы по неорганической химии для студентов I курса биологического отделения ФЕН / С. В. Корнев, Н. Г. Наумов, Ю. В. Шубин; Новосибир. гос. ун-т. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2023. – 53 с.**

Методическое пособие содержит описание лабораторных работ по курсу неорганической химии.

УДК 546
ББК

© Новосибирский государственный университет, 2023

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум по неорганической химии для студентов биологического отделения предполагает развитие навыков работы с химическими веществами, а также он должен способствовать усвоению неорганической химии. Содержание лабораторных работ согласовано с темами семинарских занятий. Для того чтобы работа в химической лаборатории была продуктивна, она должна выполняться с пониманием ее содержания. Кроме того, каждая химическая операция требует осторожности и внимания экспериментатора, так как даже самый, казалось бы, безобидный опыт может повлечь тяжелые последствия при непродуманном его выполнении. Поэтому студент должен прочитать в руководстве к практическим занятиям описание опытов, которые он будет выполнять в практикуме, ознакомиться по учебникам со свойствами изучаемых веществ, с теоретическим материалом, относящимся к данной теме, отметить, работа с какими веществами требует особого внимания и осторожности.

ПРАВИЛА РАБОТЫ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Студенту в лаборатории отводится постоянное рабочее место и место для хранения выданной посуды, которые он обязан содержать в чистоте и порядке. На рабочем месте должны находиться только те предметы, которые нужны в данное время для работы. Все работы, за небольшим исключением, выполняются студентом индивидуально.

2. Необходимые для работы реактивы выставляются лаборантом на полки в вытяжном шкафу.

3. Сухие реактивы необходимо брать чистым шпателем или специальной ложечкой. При наливаннии растворов из склянок следует держать последние таким образом, чтобы этикетка была повернута вверх (во избежание ее загрязнения).

4. Если в руководстве не указано, какое количество вещества необходимо взять для проведения в пробирке того или иного опыта, предлагается брать сухое вещество в количестве, закрывающем дно пробирки, а раствор – не более 1/8 объема пробирки.

5. Неизрасходованные реактивы ни в коем случае нельзя высыпать (выливать) обратно в материальные склянки.

6. Крышки и пробки от реактивных банок и склянок следует класть на стол поверхностью, не соприкасающейся с реактивом.

7. После окончания работы необходимо навести порядок на рабочем месте, а посуду вымыть и убрать в индивидуальный ящик для хранения. Посуду и инструменты общего пользования вернуть на исходное место.

МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Все опыты с ядовитыми, неприятно пахнущими веществами, а также упаривание кислот и кислых растворов производить только в вытяжном шкафу.

2. Опыты с легко воспламеняющимися веществами необходимо проводить вдали от огня.

3. При нагревании растворов в пробирке всегда следует держать ее таким образом, чтобы отверстие пробирки было направлено в сторону от работающего и его соседей по рабочему столу. Особенно важно соблюдать это в тех случаях, когда нагреваемой жидкостью являются концентрированные растворы кислот или щелочей. Такие опыты рекомендуется проводить в вытяжном шкафу.

4. Не наклонять лицо над реакционными сосудами во избежание попадания брызг на лицо.

5. Не следует вдыхать пахучие вещества, в том числе и выделяющиеся газы, близко наклоняясь к сосуду с этими веществами. Следует легким движением руки направить струю воздуха от отверстия сосуда к себе и осторожно вдохнуть.

6. При работе с твердыми щелочами обязательно надевать защитные очки. Брать щелочь разрешается только шпателем, щипцами или пинцетом. Необходимо тщательно убирать остатки щелочи с рабочего места.

7. При разбавлении концентрированных кислот, особенно — серной, вливать кислоту в воду, а не наоборот.

8. Категорически запрещается прием пищи в помещении лаборатории.

9. Запрещается класть верхнюю одежду и сумки на химические столы. Верхнюю одежду необходимо сдать перед началом занятий в гардероб. Сумки следует оставлять в специально отведенном месте.

ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ В ЛАБОРАТОРИИ

1. При попадании на кожу (рук, лица и т. д.) концентрированных кислот (серной, азотной, уксусной и т. д.) следует немедленно промыть обожженное место сильной струей воды в течение 3–5 мин., после чего наложить повязку из ваты, смоченной 3 %-ным раствором перманганата калия. При сильных ожогах после оказания первой помощи немедленно обратиться к врачу.
2. При ожоге кожи растворами щелочей промывать обожженный участок кожи водой до тех пор, пока кожа не перестанет быть скользкой на ощупь, после чего наложить повязку, смоченную 3 %-ным раствором перманганата калия.
3. При попадании брызг кислоты или щелочи в глаза немедленно промыть поврежденный глаз большим количеством воды комнатной температуры, после чего немедленно обратиться к врачу.
4. При ожоге кожи горячими предметами (стекло, металлы и т. п.) сначала наложить повязку, смоченную 3 %-ным раствором перманганата калия, а затем жирную повязку (мазь от ожогов).
5. При отравлении хлором, бромом, сероводородом необходимо вывести пострадавшего на воздух, а затем обратиться к врачу.

ВЕДЕНИЕ РАБОЧЕГО ЖУРНАЛА

Все наблюдения и выводы по экспериментальной работе следует заносить в рабочий журнал, который является документом, отражающим всю работу студента. На обложке или первой странице журнала должны быть написаны фамилия студента, его инициалы, номер группы и название практикума. Записи в журнале производят только ручкой, лаконично, аккуратно, непосредственно после проведения опыта. Категорически запрещается иметь черновики. Все расчеты должны производиться в журнале. Рекомендуется для рабочего журнала взять общую тетрадь. При оформлении работы необходимо занести в журнал следующие данные: дату, название темы лабораторной работы, номер опыта, порядок проведения опыта с указанием

исходных веществ, наблюдаемые явления, уравнения протекающих реакций, ответы на поставленные вопросы.

ПРИМЕР:	<p>12/02/2015 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ.</p> <p>9. К 0.5 мл 0.1 М раствора иодида калия (бесцветный) добавил 0.5 мл 10 % серной кислоты. Никаких изменений не произошло. Затем добавил по каплям 3 % раствор H₂O₂ (бесцветный). Сначала раствор окрашивается в коричневый цвет, а затем, через некоторое время, выпадает черный блестящий осадок.</p> <p>Реакция: $2 \text{KI} + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$</p> <p>Реакция в ионном виде: $2 \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ = \text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$</p> <p>Образующийся сначала иод растворяется в избытке иодида калия с образованием KI₃ (коричневый раствор). $\text{I}_2 + \text{KI} = \text{KI}_3$</p> <p>Когда весь KI израсходовался – выпал осадок иода. $2\text{KI}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{I}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$</p>
---------	--

ОСНОВНАЯ ПОСУДА, ПРИМЕНЯЕМАЯ В ПРАКТИКУМЕ

Для проведения различных химических опытов применяется особая посуда из тонкостенного или толстостенного стекла. Изделия из тонкостенного стекла стойки к колебаниям температуры, поэтому в них обычно проводятся химические операции, требующие нагревания. Химическую посуду из толстостенного стекла нагревать нельзя.

Наиболее часто в практикуме употребляется стеклянная посуда, изображенная на рис. 1: стаканы (а), пробирки (б), колбы конические и круглодонные (в).

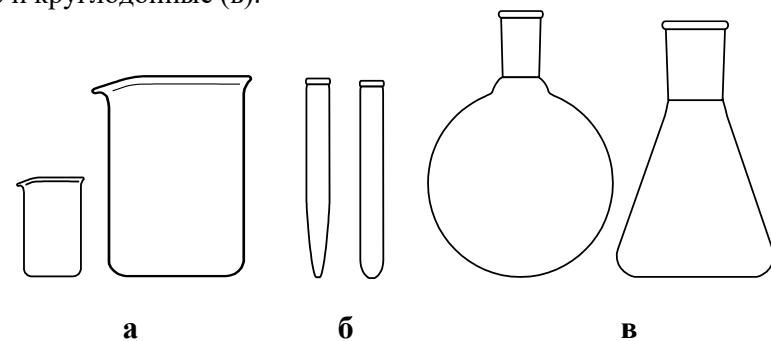


Рис. 1

Для измерения объема жидкостей используются мерные градуированные цилиндры (рис. 2, а) и пипетки разных типов (рис. 2, б).

Для фильтрования используются конические воронки (рис. 3, а) воронки Бюхнера (рис. 3, б), воронки с пористым стеклянным дном (рис. 3, в), колбы Бунзена (рис. 3, г).

Мытье посуды. Химическая посуда после проведения опыта должна быть тщательно вымыта. Вначале ее промывают водопроводной водой; если при этом механические загрязнения не удаляются, нужно применить моющие средства и специальную щетку-ерш.

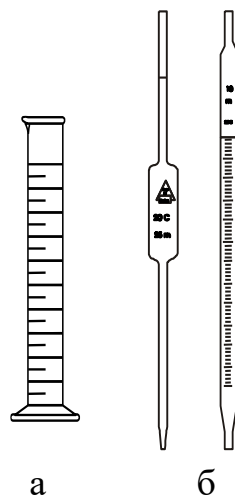


Рис. 2

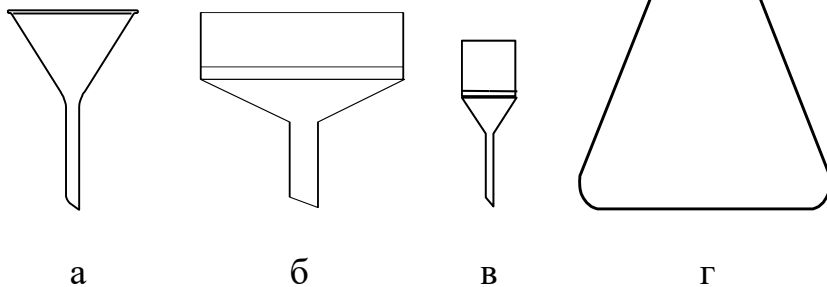


Рис. 3

ОСНОВНЫЕ ПРЕПАРАТИВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ

Определение pH раствора.

Для определения рН раствора необходимо при помощи пипетки или стеклянной палочки нанести каплю раствора на полоску универсальной индикаторной бумаги (индикаторную бумагу в растворы не опускать!). После чего сразу сравнить цвет получившегося влажного пятна с эталонами, приведенными на обложке набора индикаторной бумаги.

Перемешивание

Перемешивание небольших количеств веществ в течение короткого времени удобно проводить вручную путем взбалтывания (встряхивания) или с помощью стеклянной палочки.

Для перемешивания реакционных смесей в плоскодонных сосудах используют магнитные мешалки. В сосуд с реакционной смесью помещают небольшой стальной стержень — якорек, запаянный в стекло или тефлон. Он приводится в движение с помощью магнита, который вращается в корпусе, выполненном в виде столика для установки реакционного сосуда. На такой мешалке можно также нагревать перемешиваемую реакционную смесь.

Большие количества или густые (вязкие) смеси перемешивают с помощью электромеханической мешалки.

Нагревание

Нагревание растворов или твердых веществ можно проводить в пробирке, стакане, круглодонной колбе (на термостойкой посуде имеется матовая метка ТУ или Therm). В качестве нагревателя используются спиртовки, электроплитки, водяные и песчаные бани.

При нагревании пробирок с небольшим количеством вещества пробирку закрепляют в пробиркодержателе (отверстие пробирки должно быть направлено в сторону от себя и соседей). Осторожно, небольшим пламенем спиртовки прогревают всю пробирку, затем доводят до кипения верхний слой жидкости и нагревают до кипения все содержимое пробирки. Можно также нагревать при непрерывном встряхивании рукой пробирки, зажатой в держателе. Большие количества жидкостей или растворов нагревают в стакане или колбе на водяной бане или на плитке.

Фильтрация

Фильтрация применяют для разделения твердых и жидких компонентов смеси. При фильтрации раствор с осадком пропускают через мелкопористый материал (фильтр), который задерживает на своей поверхности твердые частицы. Жидкость, прошедшую через фильтр и освобожденную от находившихся в ней твердых частиц называют фильтратом или маточным раствором. В качестве фильтров в лаборатории наиболее часто используют фильтровальную бумагу разной пористости. Пористость определяют по цвету, обозначенному на упаковке фильтров.

Бумажные фильтры применяют в виде простых (гладких) и складчатых. Складчатый фильтр отличается от простого тем, что у него большая фильтрующая поверхность. Размер фильтра должен быть таков, чтобы верхний край его не доходил до края воронки на 3–5 мм.

Приготовление гладкого фильтра. Чтобы приготовить гладкий фильтр, из листа фильтровальной бумаги вырезают ножницами квадратный кусок, размер которого зависит от размера воронки; склады-

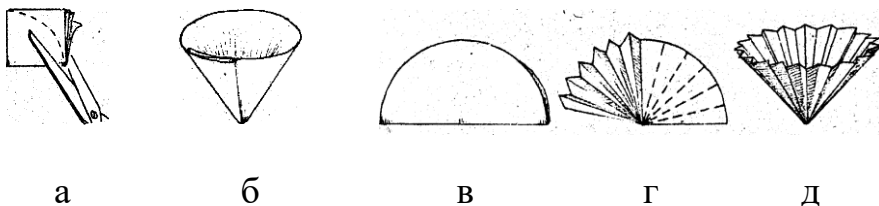


Рис. 4. Изготовление гладкого (а, б) и складчатого (а, в, г, д) фильтров

вают его сначала вдвое, а потом вчетверо (рис. 4). Угол сложенного квадрата обрезают ножницами по дуге, отделяют пальцем один слой бумаги от трех остальных и расправляют. Получается конус. Приготовленный фильтр вкладывают в воронку так, чтобы он плотно прилегал к ее стенкам; затем, слегка прижимая бумагу пальцем к стеклу воронки, смачивают фильтр небольшим количеством растворителя.

Приготовление складчатого фильтра. Для изготовления складчатого фильтра гладкий фильтр раскрывают так, чтобы получился полукруг (рис. 4). Затем складывают по радиусу как можно чаще, то в одну, то в другую сторону. Получается гармошка, которую расправляют так, чтобы получился конус, и вставляют в воронку.

При фильтровании следует переносить смесь жидкости с твердым веществом по стеклянной палочке. Воронка должна быть заполнена жидкостью так, чтобы уровень ее был на 2–3 мм ниже края фильтра.

Фильтрование под уменьшенным давлением. Для ускорения работы применяют фильтрование под уменьшенным давлением, откачивая воздух из сосуда, в который проходит фильтрат. Для этого используют колбу Бунзена (рис. 3, *г*) и воронку Бюхнера (рис. 3, *б*). Для фильтрования на дно воронки Бюхнера кладут бумажный фильтр размера несколько меньшего, чем дно воронки. Для того чтобы вырезать такой кружок, нужно взять листок фильтровальной бумаги, наложить его на воронку и слегка надавить сверху ладонью. На бумаге получается отпечаток нужного диаметра. Обрезав по внутреннему контуру фильтровальную бумагу, получаем фильтр. Фильтр помещают на дно воронки, смачивают небольшим количеством воды. Далее в воронку Бюхнера наливают раствор с осадком, подсоединяют к вакуумной линии и включают водоструйный насос, открывая водяной кран на передней панели вытяжного шкафа. По окончании фильтрования прежде чем закрыть кран водоструйного насоса отсоединяют вакуумный шланг от колбы Бунзена. Чтобы снять осадок с воронки Бюхнера, ее перевертывают на лист фильтровальной бумаги, лежащий на столе. При осторожном постукивании по воронке осадок падает на бумагу.

Вместо воронки Бюхнера с бумажным фильтром часто используют фильтры со стеклянным пористым дном (рис. 3, *в*).

Декантация

Для отделения осадков от маточного раствора часто используют декантацию. Для этого осадку дают осесть на дно стакана и затем осторожно, не взмучивая его, сливают жидкость. Далее в стакан с осадком вливают небольшое количество воды, перемешивают с осадком и снова повторяют процедуру.

В течение семестра студенты выполняют 9 лабораторных работ и курсовой синтез. Каждая работа оценивается в 100 баллов, курсовая работа – 200 баллов. Для получения зачета необходимо набрать не менее 850 баллов, при этом выполнение курсовой работы обязательно. При оценке лабораторной работы, учитывается:

- 1) умение работы в практикуме;**
- 2) правильность и аккуратность ведения лабораторного журнала;**
- 3) способность студента теоретически объяснить результаты экспериментов и написать уравнения наблюдаемых реакций.**

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ

Кислотно-основные равновесия

Определение pH. Буферные растворы

1. При помощи универсальной индикаторной бумаги определите pH 0.1 М растворов а) соляной, б) уксусной кислот, 0.1 М растворов в) аммиака, г) гидроксида калия, д) дистиллированной воды. Используя справочные значения констант кислотно-основных равновесий рассчитать теоретические значения pH испытуемых растворов. Полученные значения представить в виде таблицы:

Испытуемый раствор	Концентрация	Цвет индикатора	Значение pH	
			Измеренное	Рассчитанное

2. а) В пронумерованных пробирках слить равные объемы (по 3мл) 0.1 М растворов:

- 1) $\text{HCl} + \text{NaCl}$;
- 2) $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_3\text{COONa}$.

Определить pH полученных растворов и внести результаты в таблицу.

б) Отобрав по 1 мл раствора из каждой пробирки и разбавив в стакане пробу в 100 раз, определить значение pH и записать в таблицу.

Гидролиз солей

3. С помощью универсального индикатора определить pH водных растворов солей: хлорида натрия, карбоната натрия, хлорида аммония. Рассчитать значения pH 0.1 М растворов этих солей. Результаты свести в таблицу по предложенному выше образцу.

4. В химическом стакане емкостью 100 мл к 1-2 мл сульфата железа(III) прилить небольшими порциями (по 1–2 мл) раствор карбоната натрия до образования осадка. Осадок отфильтровать на воронке Бюхнера («синяя» или «зеленая лента») и тщательно промыть водой до удаления запаха сероводорода. Полученное твердое вещество разделить на две части. К одной прилить 5 мл концентрированной соляной кислоты, к другой — 5 мл 50 %-ного раствора гидроксида натрия. Наблюдается ли выделение CO_2 при обработке осадка

кислотой? Объясните наблюдаемые явления, напишите уравнения реакций.

Равновесия с участием трудно растворимых солей и гидроксидов

Осаждение солей и гидроксидов из растворов

5. Налить в три пробирки по 2-3 мл растворов хлоридов железа(III), меди(II), магния. Затем в каждую из них прилить небольшое количество гидроксида натрия. Что представляют собой выпавшие осадки? Отметить их цвет. Написать молекулярные и ионные уравнения реакций. Осадки сохранить для последующих опытов.

6. Используя имеющиеся реактивы, получить малорастворимые соли: сульфат и иодид свинца, хромат бария и карбонат кальция. Каковы величины произведений растворимости этих солей? Написать ионные и молекулярные уравнения проведенных реакций.

Влияние pH среды на растворимость солей и гидроксидов

7. К осадкам, полученным в опыте № 5, прилить немного разбавленной соляной кислоты.

8. К раствору хлорида магния прилить концентрированный водный раствор аммиака. Аккуратно слить раствор с выпавшего осадка и промыть водой. К осадку прилить насыщенный раствор хлорида аммония. Что происходит? Рассчитайте константу равновесия для реакции хлорида магния с аммиаком. Почему протекание этого процесса зависит от pH раствора?

9. Налить в две пробирки 2-3 мл раствора соли железа(II). Прилить к ним: а) раствор сероводорода; б) раствор сульфида натрия (или аммония). Повторить опыт с растворами солей меди(II) и цинка(II). Какие различия наблюдаются в поведении реакционных смесей? Аккуратно слить раствор с осадков сульфидов. К твердым веществам добавить 10% соляную кислоту. Объяснить наблюдаемые явления на основании величин произведений растворимости и констант диссоциации сероводородной кислоты. Рассчитайте значения pH раствора, при которых происходит растворение сульфидов меди(II) и железа(II).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

При оформлении работы в каждом опыте следует описать наблюдаемые явления. Для всех проведенных реакций записать уравнения в ионной и молекулярной форме с указанием степеней окисления элементов, выступающих в роли окислителя и восстановителя.

Межмолекулярные окислительно-восстановительные реакции

1. Налить в пробирку 2 мл раствора сульфата меди(II) и добавить гранулу металлического цинка.

2. Налить в пробирку 2 мл 10 % раствора соляной кислоты и добавить гранулу металлического цинка.

3. Налить в пробирку 1 мл раствора перманганата калия и добавить к нему 1 мл 10 % раствора серной кислоты. К полученному раствору приливать по каплям раствор сульфида натрия до полного обесцвечивания.

4. Налить в пробирку 1 мл раствора дихромата калия, добавить 1 мл 10 % раствора серной кислоты. Прилить к этому раствору, по каплям, раствор сульфита натрия до полного изменения окраски.

Влияние среды на окислительно-восстановительные свойства

5. Налить в три пробирки по 1 мл раствора перманганата калия. Затем в одну пробирку добавить 1 мл 10 % раствора серной кислоты, а в другую — 1 мл 10 % раствора гидроксида натрия. После этого в каждую из трех пробирок прибавлять по каплям раствор сульфита натрия до полного исчезновения окраски перманганата калия. Что происходит в каждой из пробирок? Какие продукты восстановления перманганат-иона наблюдаются в каждом случае? На основании стандартных окислительно-восстановительных потенциалов определить, в какой среде перманганат-ион проявляет более высокую окислительную активность. Записать уравнение Нернста для реакции в кислой среде и показать зависимость электродного потенциала от pH.

Реакции внутримолекулярного окисления-восстановления

6. (Опыт проводится преподавателем.) На металлическую пластину насыпать 15–20 г дихромата аммония и поджечь с помощью лучины. Отметить особенности протекания реакции.

7. Укрепить **сухую** пробирку в штативе, поместить в нее ~1 г перманганата калия и осторожно нагреть в пламени спиртовки. Проверить выделяющийся газ, поместив в пробирку тлеющую лучинку. Продолжить нагревание пробирки до прекращения выделения газа. После охлаждения в пробирку прилить 1 мл дистиллированной воды, перемешивая раствор стеклянной палочкой. Каков цвет полученного раствора? Что находится в осадке?

Окислительно-восстановительная двойственность пероксида водорода

8. Налить в пробирку 1 мл раствора перманганата калия и 1 мл 10 % серной кислоты, добавить по каплям 3 %-ный раствор пероксида водорода до полного обесцвечивания раствора.

9. Налить в пробирку ~0.5 мл раствора иодида калия и 0.5 мл 10 % серной кислоты, затем добавлять по каплям 10 % раствор H_2O_2 до начала выпадения осадка. Оставить реакционную смесь на 15 минут. Почему сначала раствор окрашивается? Как можно установить природу продукта реакции? Описать происходящие явления.

Реакции диспропорционирования и конпропорционирования

10. Налить в пробирку 1 мл иодной воды (раствор J_2 в растворе иодида калия). Прилить 1 мл 10 %-ного раствора гидроксида натрия. Раствор осторожно нагреть до полного обесцвечивания. К полученному раствору прилить раствор серной кислоты. Что происходит?

11. Налить в пробирку 1 мл 10 % раствора пероксида водорода и 1 мл NaOH (10 %-ный раствор). Затем осторожно нагреть пробирку. Что наблюдается?

12. Налить в пробирку 1 мл раствора перманганата калия, затем постепенно добавлять раствор сульфата марганца(II) до исчезновения фиолетовой окраски. Объяснить наблюдаемое явление.

13. Налить в пробирку 1 мл раствора сульфида натрия и 1 мл раствора сульфита натрия и немного подкислить разбавленной серной кислотой. Что происходит?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ГАЛОГЕНЫ

Внимание! Все работы с хлором должны проводиться в вытяжном шкафу. В случае отравления хлором необходимо обратиться к преподавателю.

Хлор

1. Насыпать в три пробирки небольшое количество диоксида марганца, дихромата калия и перманганата калия, добавить в каждую из пробирок по 1 мл конц. соляной кислоты. При медленном протекании реакции раствор подогреть.

2. Насыпать в пробирку небольшое количество перманганата калия, добавить несколько миллилитров концентрированной соляной кислоты, осторожно (!) понюхать.

3. Взять пинцетом полоску медной фольги или медную проволочку, нагретую до красного каления в пламени спиртовки, и быстро внести ее в пробирку, в которой происходит выделение хлора. 4. Налить в пробирку 2–3 мл хлорной воды и прибавить по каплям раствор гидроксида натрия. Чем объяснить обесцвечивание раствора? Подкислить полученный раствор серной кислотой. Что изменилось? Прилить к смеси несколько капель толуола и, закрыв пробирку, осторожно встряхнуть. Объяснить результат. Как влияет pH раствора на реакцию диспропорционирования галогенов?

4. Несколько кристаллов бертолетовой соли (KClO_3) положить в фарфоровую чашку и осторожно смочить концентрированной соляной кислотой. Что наблюдается?

Бром и иод

5. В две пробирки налить по 1 мл растворов бромида и иодида калия соответственно. Добавить в каждую пробирку по 7–8 капель хлорной воды. Что наблюдается? Прилить к смесям по несколько капель толуола и, закрыв пробирку, осторожно встряхнуть. Объяснить результат.

6. Налить в пробирку 1 мл раствора иодида калия и добавить 7–8 капель бромной воды. Что наблюдается? Прилить к смеси несколько капель толуола и, закрыв пробирку, осторожно встряхнуть. Объяснить результат.

7. К 2–3 мл иодной воды прилить 1 М раствор щелочи до исчезновения окраски раствора. К полученному раствору добавить раствор серной кислоты. Объяснить происходящие явления.

8. Налить в пробирку дистиллированной воды и бросить пару кристалликов иода. Растворяется ли он? Добавить некоторое количество раствора иодида калия. Что происходит? Чем объясняется увеличение растворимости иода?

9. В две пробирки поместить твердые бромид и иодид калия и осторожно добавить к ним конц. серную кислоту. Что при этом происходит? Какую нужно взять кислоту, чтобы получить чистые HBr и HI , используя твердые KBr и KI ?

Получение иода

10. Навески по 0.5 г иодида калия и двуокиси марганца тщательно перетереть в ступке и поместить в тигель. Поставить тигель со смесью на закрепленный в штативе фарфоровый треугольник, налить 3–4 капли концентрированного раствора серной кислоты и закрыть тигель маленькой колбой, наполненной холодной водой (*дно колбы должно быть сухим*). Колбу закрепить в лапке штатива. Тигель слабо нагреть в течение нескольких минут. Что наблюдается? Полученный иод собрать в тарированный бюкс и взвесить. Вычислить выход в процентах. Полученное вещество сдать лаборанту.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 СЕРА

Сера

1. Поместить в пробирку небольшое количество тиосульфата натрия, растворить в небольшом количестве воды и прилить разбавленной соляной кислоты. Что наблюдается? Чему равна степень окисления серы в тиосульфате натрия?

2. Внести на шпатель в пламя спиртовки небольшое количество серы (3–4 кристалла) Что происходит? Какова температура плавления элементарной серы? Какой газ выделяется?

Сероводород

Сероводород чрезвычайно ядовит! Все опыты с сероводородом и сульфидами проводить только в вытяжном шкафу! После проведения эксперимента посуду мыть только в вытяжном шкафу, выносить ее из-под тяги только после удаления запаха! При отравлении сероводородом необходимо немедленно покинуть лабораторию и выйти (или вывести пострадавшего) на свежий воздух!

3. Положить в пробирку 1–2 г сульфида железа(II), прилить 5–8 мл 20 %-ного раствора HCl. Что происходит? Проверить природу выделяющегося газа, взяв в пробирку полоску индикаторной бумаги, смоченную водой, и полоску фильтровальной бумаги, смоченную раствором соли свинца.

Соединения серы(IV)

4. Поместить в пробирку небольшой кусочек медной стружки, прилить к нему примерно 2 мл концентрированной серной кислоты (**надеть резиновые перчатки и защитные очки!**). Осторожно подогреть на пламени спиртовки (**обязательно направив ее верхнюю часть от себя и от коллег по практикуму**). Какой газ выделяется в результате реакции? Как вы можете это подтвердить? Рассчитайте, используя значения окислительно-восстановительных потенциалов, возможно ли протекание этой реакции в стандартных условиях? В чем различие взаимодействия разбавленной и концентрированной серной кислоты с металлами? Какие продукты можно ожидать в реакции концентрированной серной кислоты с магнием и цинком? Проверить действие разбавленной серной кислоты на медную стружку.

5. В пробирку поместить 1–2 г сульфита натрия, по каплям добавить к нему 2 мл 20 %-ной серной кислоты. Что наблюдается?

6. Проверьте, как взаимодействует раствор сульфита натрия с 1) хлорной, 2) бромной водой; с подкисленными растворами 1) перманганата, 2) дихромата калия, 3) сероводорода. Эксперименты проведите в отдельных пробирках.

Серная кислота

7. Взять стаканчик и приготовить раствор серной кислоты в воде — 1:1 по объему (**приливать необходимо кислоту к воде, а ни в коем случае не наоборот!**). Что наблюдается при растворении серной кислоты в воде? После охлаждения раствора смочить им конец стеклянной палочки и сделать надпись на бумаге. Осторожно нагреть бумагу над пламенем спиртовки. Что наблюдается? Как действует серная кислота на органические вещества?

Тиосульфат натрия

8. В две пробирки налить по 2–3 мл хлорной и иодной воды, прилить по каплям к каждой из них раствор тиосульфата натрия до обесцвечивания раствора. Какие продукты образуются в этих реакциях? Какие продукты образуются при окислении тиосульфата бромом?

Определение стехиометрии химической реакции

9. В стеклянный стакан объемом 100 мл при помощи мерной пипетки налить 20 мл 0.005 М раствора перманганата калия и подкислить 5 мл 10 %-ной серной кислоты. К полученному раствору приливать отмеренные количества (можно с помощью бюретки) 0.01 М раствора сульфита натрия до полного обесцвечивания раствора. Исходя из количества раствора, пошедшего на титрование, определить стехиометрию протекающей реакции.

– Приливать надо через бюретку. Кислоты нужно больше или более концентрированной. Сульфит нужен 0,02 М и свежий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ V ГРУППЫ

Азот

Аммиак и соли аммония

1. В две пробирки налить по 2 мл концентрированного раствора аммиака. Одну пробирку аккуратно нагреть на спиртовке. В другую пробирку добавить несколько капель 50 %-ного раствора щелочи. Что наблюдается? Как влияет температура и рН раствора на равновесие в системе аммиак-вода?

2. Положить в пробирку немного нитрата аммония и осторожно нагреть в пламени спиртовки, предварительно **опустив штормку тяги ниже уровня глаз**. Что наблюдается? В чем различие разложения солей — хлорида и нитрата аммония?

Гидразин

3. В две пробирки насыпать небольшое количество сульфата гидразиния. В одну прилить иодной воды. В другую прилить раствор хлорида меди(II) и раствор щелочи, и осторожно подогреть, соблюдая меры предосторожности. Что происходит?

Кислородные соединения азота

4. К раствору нитрита калия прибавить 2–3 капли конц. серной кислоты. Что наблюдается?

5. К подкисленному раствору иодида калия добавить раствор нитрита калия. Что наблюдается? Прodelать аналогичный опыт с бромидом калия, прилив 1–2 мл органического растворителя.

6. **Опыт проводится вдвоем.** Закрепить сухую пробирку вертикально в штативе и поместить в нее немного нитрата калия. Нагреть соль до плавления (**Защитные очки!**). Как только начнется разложение соли, о чем можно судить по появлению пузырьков газа, бросить в нее маленький кусочек серы. Когда сера **полностью** сгорит, опустить в расплав тлеющую лучину. По окончании опыта охладить пробирку на воздухе, не касаясь ею холодных предметов.

7. В пробирку налить концентрированную азотную кислоту, поместить в нее кусочек серы и нагреть. Когда пробирка охладится, вылить содержимое в воду и определить наличие серной кислоты в растворе.

8. Поместить в пробирки кусочек цинка и кусочек олова, добавить в каждую по 1 мл конц. азотной кислоты, что наблюдается? В чем

различие действия на металлы концентрированной и разбавленной азотной кислоты?

Сурьма

9. Для испытания свойств триоксида сурьмы использовать либо готовый препарат, либо получить его нейтрализацией солянокислого раствора трихлорида сурьмы раствором карбоната натрия. Испытать действие концентрированной соляной кислоты и щелочи на триоксид сурьмы.

10. Получить из доступных солей сульфид сурьмы(III), испытать действие на него раствора сульфида натрия.

Висмут

11. Получить висмут восстановлением раствора его соли металлическим цинком. Отделив висмут от остатков цинка, испытать действие на него концентрированных соляной и азотной кислот.

12. В пробирку с раствором соли висмута прилить сероводородную воду. Образовавшийся осадок разделить на две части и проверить действие на него 1) избытка сульфида натрия, 2) концентрированной азотной кислоты.

13. Осадить в пробирке гидроксид висмута(III), отделить от раствора, добавить к нему твердый персульфат калия (на кончике шпателя), 1 мл конц. КОН и осторожно нагреть. Осадок 2–3 раза промыть путем декантации и сохранить для следующего опыта.

14. К 3–4 мл разбавленного раствора азотной кислоты прилить 2–3 капли раствора сульфата марганца(II) и внести немного висмутата (V) калия (из предыдущего опыта). Объяснить появление окраски.

Получение BiOCl

15. Из конц. соляной кислоты (12М) приготовить 20 мл 6М раствора. К 1 г оксида висмута(III) постепенно прибавлять раствор кислоты до полного растворения осадка. Не допускать избытка кислоты! Раствор перенести в стакан емкостью 500 мл и добавить 250 мл дистиллированной воды. Осадок отфильтровать на воронке Бюхнера. Полученное вещество высушить, взвесить и сдать лаборанту. Рассчитать выход продукта реакции (в %).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ IV ГРУППЫ

Углерод

1. Испытать действие соляной кислоты на 1) мрамор, 2) карбонат натрия, 3) гидрокарбонат натрия. Что наблюдается? Как доказать, что выделяющийся газ — диоксид углерода?

2. В две пробирки поместить по 1 мл растворов солей бария и алюминия, добавить в каждую по несколько капель раствора соды. Что происходит? В чем различие между этими двумя реакциями?

3. Получение и свойства карбоната и гидрокарбоната кальция.

налейте В пробирку 8-10 см³ известковой воды и пропустите через нее ток углекислого газа. Опишите наблюдаемые превращения.

Кремний

4. Налить в стакан раствор силиката натрия и пропустить через него ток углекислого газа. Что наблюдается?

5. Налейте в три пробирки по 1 мл растворов хлорида кальция, нитрата кобальта и сульфата меди (II). Добавьте в каждую из пробирок по несколько капель раствора силиката натрия. Опишите наблюдаемые явления.

Олово

6. В раствор хлорида олова(II) поместить металлический цинк (гранулы или пластинку). Что наблюдается?

Отделить образовавшееся металлическое олово от цинка и провести реакции с а) концентрированной соляной; б) разбавленной азотной?; в) концентрированной азотной кислотой.

7. В отдельных пробирках получить гидроксиды олова(II) и (IV). Как их следует получать? Какие свойства они проявляют? Что такое α - и β -оловянные кислоты?

8. К раствору хлорида олова(II) добавить по каплям избыток концентрированного раствора щелочи. Объяснить наблюдаемые явления.

9. В две пробирки налить раствор хлорида олова(II), в первую прилить немного бромной воды, во вторую добавить твердый сульфит

натрия. Что происходит? Какие свойства хлорида олова(II) проявляются в этих опытах?

10. Постепенно прилить к небольшому количеству солянокислых растворов хлоридов олова(II) и (IV) раствор сульфида натрия. Какие изменения происходят по мере приливания? Объяснить различие действия сульфида и полисульфида натрия на сульфиды Sn(II) и Sn(IV)?

Свинец

11. В раствор ацетата свинца поместить металлический цинк (гранулы или пластинку). Что наблюдается?

12. В три пробирки поместить оксид свинца, диоксид свинца и свинцовый сурик. В каждую прилить концентрированной соляной кислоты, перемешать и подогреть. Какой газ выделяется в каждом случае?

13. В 0.1 М раствор сульфата марганца, подкисленный 10 %-ной серной кислотой, внести небольшое количество диоксида свинца и нагреть на спиртовке. Чем обусловлено изменение окраски раствора?

14. Получить осадок сульфида свинца(II). Раствор слить, осадок разделить на две части. Обработать одну из них разбавленной азотной кислотой, другую 10 %-ным раствором пероксида водорода. Объяснить наблюдаемые явления.

15. а) Смешайте водные растворы $Pb(CH_3COO)_2$ и KI.

б) Возьмите по 0.5 мл этих растворов, разбавьте в двух стаканах в 20 раз и смешайте.

16. Добавьте к раствору ацетата свинца: а) хлорид калия, б) карбонат натрия, в) иодид калия; г) сероводородную воду.

17. В пробирку поместить немного сурика, прилить 2 мл концентрированной азотной кислоты и нагреть на спиртовке. Раствор слить, разбавить водой и добавить к нему 1 мл раствора сульфида натрия.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ЦИНК, КАДМИЙ, РТУТЬ

1. К растворам солей цинка и кадмия прилить сначала небольшое количество, а затем избыток 10 %-ного раствора гидроксида натрия. Что наблюдается? Какие свойства гидроксидов цинка и кадмия характеризуют данные реакции?

2. Провести аналогичный эксперимент, используя вместо гидроксида натрия водный раствор аммиака. В чем различие с предыдущим опытом?

3. Налить в две пробирки раствор хлорида цинка. В одну из пробирок добавить раствор сульфида, а в другую – раствор карбоната натрия. Слить раствор из пробирок, промыть осадки декантацией и добавить к ним раствор соляной кислоты. Описать наблюдаемые явления.

РТУТЬ

Опыты со ртутью проводятся под тягой на специальной подставке (поддоне) двумя студентами, остальные — наблюдают.

Все остатки растворов, содержащих соединения ртути, выливать в специальные склянки. Ни в коем случае не выливать в раковину растворы, содержащие ртуть. После работы с ртутью необходимо тщательно вымыть руки с мылом!!!

4. К раствору нитрата ртути(I) прилить сначала немного, а затем избыток раствора хлорида олова(II). Что наблюдается? Сделать аналогичный опыт с нитратом ртути(II). Оставить пробирки под наблюдением на 30 мин. Что происходит со временем? На какие свойства соединений ртути(I) и (II) указывают эти реакции?

5. Налить в пробирку 1–2 мл нитрата ртути(I) и добавить 1 мл 10% раствора гидроксида натрия. Что происходит? Растворяется ли полученное вещество в азотной кислоте?

6. Налить в пробирку 1–2 мл нитрата ртути(II) и добавить при перемешивании 10 %-ный раствор гидроксида натрия до полного осаждения оксида ртути. Какой цвет имеет полученное вещество?

7. Насыпать в сухую пробирку немного оксида ртути. Закрепить пробирку в держателе и нагревать 15-20 мин на спиртовке. Что наблюдается?

8. Поместить несколько кристаллов нитрата ртути(I) в пробирку и прилить примерно 2 мл дистиллированной воды. Почему образуется мутный раствор? Прodelать аналогичный опыт с нитратом ртути(II). В каких условиях можно получить прозрачный раствор этих солей?

9. К раствору нитрата ртути(I) прилить раствор хлорида натрия. Каков состав выпавшего осадка? Аналогичный опыт провести с раствором нитрата ртути(II). Почему в этом случае не происходит выпадение осадка? Как называют хлориды ртути(I) и (II)?

10. К раствору нитрата ртути(I) прилить сероводородной воды. Что образуется? Прodelать аналогичный опыт с нитратом ртути(II). Какой цвет имеют выпавшие осадки? В чем можно растворить сульфид ртути(II)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 МЕДЬ, СЕРЕБРО

Медь

Иодид меди(I).

1. Смешать в пробирке одинаковые объемы (~1 мл) 1 М раствора сульфата меди и 2 М раствора иодида калия. Что наблюдается? Добавить несколько миллилитров подкисленного раствора сульфита натрия. Как изменяется цвет раствора над осадком? Полученное вещество отфильтровать и промыть водой. Поместить небольшое количество осадка иодида меди(I) в три пробирки и прилить в одну из них раствор конц. аммиака, во вторую — концентрированную соляную кислоту, третью осторожно нагреть на спиртовке. Объяснить изменение окраски иодида меди(I) при нагревании? Как объяснить неустойчивость иодида меди(II)?

Соединения меди(II).

2. Налить в пробирку 3 мл раствора сульфата меди(II) и добавить гранулу металлического цинка. Что происходит?

3. К небольшому количеству 10 %-ного раствора гидроксида натрия прилить раствор сульфата меди до прекращения образования осадка. Реакционную смесь при помешивании нагреть до кипения. Что наблюдается? Проверить в отдельных пробирках отношение осадка к разбавленным и концентрированным растворам азотной, соляной и серной кислот, а также к концентрированному раствору гидроксида натрия на холоду и при нагревании. Написать уравнения реакций.

4. К раствору сульфата меди(II) добавить 0.5 мл глицерина. (Глицерин необходим для предотвращения разложения гидроксида меди.) Перемешивая раствор, медленно прилить 10 %-ный раствор гидроксида натрия до полного осаждения гидроксида меди(II). Осадок промыть декантацией дистиллированной водой до удаления сульфат-ионов, отфильтровать на воронке Бюхнера и еще раз промыть водой.

5. Полученный гидроксид меди(II) перенести в четыре пробирки и испытать его отношение к 1) раствору 10 %-ному раствору соляной кислоты, 2) 50 %-ному раствору гидроксида натрия, 3) избытку 25 %-ного раствора аммиака. Четвертую пробу гидроксида меди(II) под-

вергнуть нагреванию на спиртовке. Объяснить наблюдаемые явления. Написать уравнения реакций. Какими свойствами обладает гидроксид меди(II)? В какой форме находится медь в аммиачном растворе?

Серебро

По окончании опытов содержимое пробирок следует сливать банку для серебряных остатков.

6. В три пробирки налить растворы хлорида, бромиды и йодида натрия и добавить в каждую по несколько капель раствора нитрата серебра. Промыть выделившиеся осадки водой путем декантации и испытать действие на них 1) раствора аммиака, 2) раствора тиосульфата натрия. Объяснить наблюдаемые различия.

Серебрение

7. В обезжиренную нагреванием концентрированного раствора КОН и промытую пробирку налить 5 мл 0.2 М раствора нитрата серебра, добавить **по каплям** 10 % -ный раствор аммиака, встряхивая пробирку после прибавления каждой капли, пока выпавший осадок не растворится. (**Следует избегать избытка NH₃.**) Затем к раствору прилить 10 % -ный раствор глюкозы в объеме, равном содержимому пробирки. Смесь хорошо перемешать. Пробирку опустить в стакан с водой, нагретой до кипения. Объясните появление блестящего слоя на внутренней поверхности пробирки.

Содержимое пробирки вылейте в банку для серебряных остатков. По окончании опыта слой серебра растворите в разбавленной азотной кислоте. Раствор также слейте в банку для серебряных остатков.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 ЖЕЛЕЗО, КОБАЛЬТ, НИКЕЛЬ

Получение и свойства гидроксидов железа, кобальта и никеля

Гидроксид железа(II).

1. а) Приготовить 200 мл воды, не содержащей растворенного кислорода. Для этого дистиллированную воду кипятить 5–10 мин, пропуская в нее углекислый газ, а затем охладить воду до комнатной температуры в токе углекислого газа. Закрывать отверстие колбы пробкой. Используя эту воду, в пробирке растворить несколько кристаллов соли Мора (какой ее состав?), подкислить раствор серной кислотой и положить несколько кусочков железа (зачем?);

б) в другой пробирке приготовить раствор гидроксида натрия. Приливая (*не перемешивая*) раствор щелочи к раствору соли Мора, получить осадок гидроксида железа(II). Каков цвет осадка? Что происходит с ним на воздухе?

Гидроксид железа(III).

2. Получить гидроксид железа(III) и исследовать его отношение к кислоте и избытку щелочи. Какой из гидроксидов - железа(II) или железа(III) - обладает более сильными основными свойствами и чем это можно объяснить?

Гидроксид кобальта(II).

3. К раствору хлорида кобальта(II) прилить немного раствора гидроксида натрия. Отметить цвет образующегося осадка. Добавить еще щелочи и нагреть. Как изменяется цвет осадка? Что происходит с гидроксидом кобальта(II) при стоянии на воздухе?

Гидроксид кобальта(III).

4. В две пробирки налить раствор соли кобальта(II), в одну из них добавить бромной воды, в другую перекиси водорода, затем в обе пробирки **прикапывать** раствор гидроксида натрия. Что происходит?

Гидроксид никеля(II).

5. Получить гидроксид никеля(II). Изменяется ли гидроксид никеля(II) при стоянии на воздухе?

Гидроксид никеля(III).

6. К осадку гидроксида никеля(II) прилить раствор щелочи и бромную воду. Что происходит?

Чем объясняется различное отношение гидроксидов железа(II), кобальта(II), никеля(II) к кислороду воздуха? Почему способ получения гидроксидов кобальта(III), никеля(III) отличается от способа получения гидроксида железа(III)?

Свойства солей

Свойства солей железа(II).

7. К раствору соли Мора прилить раствор гексацианоферрата(III) калия (красной кровяной соли). Что получается? Для чего используется эта реакция?

8. К подкисленному серной кислотой раствору соли железа(II) добавить раствор перманганата калия. Что происходит? Написать уравнения реакций взаимодействия соли железа(II) с перманганатом и бихроматом калия. Будет ли окисляться соль железа(II) хлорной, бромной и иодной водой (см. значения стандартных окислительно-восстановительных потенциалов)? Какие выводы о свойствах солей железа(II) можно сделать из проведенных опытов?

Свойства солей железа(III).

9. Налить в пробирку 1–2 мл раствора хлорида железа(III). Добавить несколько капель раствора гексацианоферрата(II) калия (желтой кровяной соли). Что наблюдается?

10. Налить в пробирку 1–2 мл раствора хлорида железа(III) и добавить небольшое количество кристаллического сульфита натрия. Подогреть раствор. Что происходит?

Свойства солей кобальта(II).

11. Положить в пробирку небольшое количество предварительно обезвоженного прокаливанием на спиртовке хлорида кобальта и смочить водой. Как изменилась окраска? Добавить несколько капель концентрированной соляной кислоты. Каков теперь цвет раствора? Объясните наблюдаемые явления.

12. Растворите в 10 %-ном растворе аммиака несколько кристаллов хлорида кобальта(II). Добавьте к полученному раствору раствор пероксида водорода? Что происходит?

13. Испытайте отношение растворов солей железа(II), кобальта(II), никеля(II) к растворам сульфида натрия и сероводородной воды. Используя значения величин произведений растворимости соответствующих сульфидов, сделайте выводы об обратимости этих процессов.

ПРИМЕРЫ КУРСОВЫХ СИНТЕЗОВ

Курсовая работа подразумевает проведение студентом самостоятельного исследования в области неорганической химии, включая синтез и изучение свойств неорганического соединения. Выполнению курсовой работы должны предшествовать анализ имеющихся литературных данных по теме работы и написание краткого литературного обзора.

Содержание курсовой работы должно включать:

введение;

литературный обзор (не более 4 с.), обобщающий изложенные в литературе сведения о результатах, полученных другими исследователями (способы синтеза, свойства соединений) в данной области или близких областях, и обосновывающий выбор темы работы;

экспериментальную часть — описание каждой синтетической стадии с указанием всех необходимых условий эксперимента (количество веществ в граммах и молях, температура, время проведения реакции, спектральные характеристики полученных соединений);

результаты и обсуждение — описание результатов эксперимента (реакция, выход продуктов), обоснование вывода о природе полученных соединений (доказательства, что синтезировано именно то вещество, о котором идет речь), а в случае отрицательных результатов необходимо провести анализ причин;

выводы и список литературы.

Моногидрат сульфата тетраамминмеди(II) [Cu(NH₃)₄]SO₄·H₂O

Источник: Ключников Н. Г. Руководство по неорганическому синтезу. М. : Химия. 1965. С. 373.

Методика синтеза.

В стакан емкостью 50 мл поместить 5 г пентагидрата сульфата меди(II), мелко растертого в фарфоровой ступке, и прилить 10 мл воды. Слегка нагреть смесь для полного растворения соли, а затем охладить раствор до комнатной температуры. При интенсивном перемешивании стеклянной палочкой добавить концентрированный раствор аммиака порциями по 1 мл до исчезновения образующегося вначале осадка. При необходимости полученный раствор профильтровать на стеклянной конической воронке через бумажный фильтр («красная лента») в стакан емкостью 100 мл. К фильтрату при перемешивании медленно прибавить 20 мл этанола, выдержать раствор в течение часа на бане с мелкоизмельченным льдом (крупные куски льда измельчить деревянным молотком, завернув их в ткань) или снегом. Образовавшийся кристаллический осадок темно-синего цвета отфильтровать на воронке со стеклянным пористым фильтром (пористость 100), дважды промыть этанолом. Просушить кристаллы на воронке током воздуха, затем перенести их в бюкс и взвесить. Рассчитать выход в процентах.

Исследование свойств синтезированного вещества.

Проверить отношение твердого комплекса к нагреванию. Определить температуру его разложения.

Снять ИК-спектр продукта в области 4000–400 см⁻¹. Найти характеристичные полосы поглощения и сравнить их с литературными данными.

Несколько кристаллов вещества растворить в небольшом количестве воды. Раствор разделить на две части. К одной добавить 1–2 мл 5 %-го раствора гидроксида натрия, ко второй прилить 1–2 мл 0,5 М раствора сульфида натрия. Описать наблюдаемые явления и написать уравнения реакций.

Характеристика соединения.

Синие ромбические кристаллы. При нагревании разлагаются с образованием бесцветного порошка. Температура разложения 150 °С.

Хлорид гексаамминникеля(II) $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$

Источник: Ключников Н. Г. Руководство по неорганическому синтезу. М. : Химия. 1965. С. 372.

Методика синтеза.

Поместить 5 г гексагидрата хлорида никеля(II) в стакан емкостью 50 мл и прилить 6–7 мл воды. При перемешивании на магнитной мешалке добавить к полученному раствору 10 мл 25 %-го раствора аммиака порциями по 1 мл. Первоначально выпавший осадок при этом должен раствориться. Полученный раствор комплекса профильтровать на стеклянной конической воронке через бумажный фильтр («красная лента») в стакан емкостью 50 мл. Приготовить 60 мл аммиачного раствора хлорида аммония смешиванием равных объемов концентрированных растворов аммиака и хлорида аммония (см. растворимость хлорида аммония); 15 мл этого раствора прилить к прозрачному раствору комплекса. Выпавший осадок промыть декантацией 2–3 раза порциями по 15 мл аммиачного раствора хлорида аммония, отфильтровать на воронке со стеклянной пористой перегородкой и промыть 5 мл 25 %-го раствора аммиака, а затем – этанолом. Осадок светло-сиреневого цвета перенести шпателем на фильтровальную бумагу и сушить на воздухе до тех пор, пока вещество не перестанет прилипать к стеклянной палочке. Сухой препарат перенести в тарированный бюкс и взвесить. Рассчитать выход комплекса в процентах.

Исследование свойств синтезированного вещества.

Рассмотреть кристаллы препарата под микроскопом и описать их.

Проверить отношение комплекса к нагреванию. Определить температуру его разложения.

Снять ИК- спектр продукта в области 4000–400 см^{-1} . Найти характеристичные полосы поглощения.

В мерной колбе на 100 мл приготовить $5 \cdot 10^{-2}$ М раствор комплекса в 2 %-ном растворе аммиака и снять электронный спектр поглощения раствора в области 350–800 нм. Рассчитать молярные коэффициенты

экстинкции максимумов полос поглощения. Сравнить полученный спектр со спектрами поглощения гексаамминов кобальта(II), кобальта(III), меди(II).

Приготовить несколько миллилитров водного раствора полученного комплекса, нагреть его на спиртовке и объяснить наблюдаемое изменение окраски раствора. Провести реакции свежеприготовленного раствора комплекса с растворами нитрата серебра, гидроксида калия, сульфида натрия. Описать наблюдаемые явления и написать уравнения реакций.

Характеристика соединения. Сине-фиолетовые кристаллы. Температура разложения 175,5 °С. Растворимо в воде. В теплой воде разлагается. Нерастворимо в спирте.

Полугидрат хлорида бис(этилендиамин)меди(II) **[Cu(en)₂]Cl₂·0.5 H₂O**

Источник: Ferder E. E. Zeitschrift fur Elektrochemie // 1938. В. 44. №7. S. 881.

Методика синтеза.

Поместить 5 г дигидрата хлорида меди(II) в стакан емкостью 100 мл, смочить соль несколькими каплями воды и охладить содержимое стакана на бане со льдом. Затем при непрерывном перемешивании на магнитной мешалке осторожно, порциями по 1 мл, добавить 5 мл 70 %-го водного раствора этилендиамина. К полученному раствору прилить 50 мл изопропилового спирта и оставить на 1 час для кристаллизации осадка. Выпавший осадок отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть 10 мл изопропилового спирта и сушить на фильтре током воздуха до тех пор, пока вещество не перестанет прилипать к стеклянной палочке. Сухой препарат перенести в тарированный бюкс и взвесить. Рассчитать выход комплекса в процентах.

Исследование свойств синтезированного вещества.

Проверить отношение комплекса к нагреванию. Определить температуру его разложения.

Снять ИК-спектр соединения в области 4000–400 см⁻¹. Найти характерные полосы поглощения.

В мерной колбе на 100 мл приготовить $1 \cdot 10^{-2}$ М раствор комплекса в воде и снять электронный спектр поглощения в области 350–800 нм. Рассчитать молярные коэффициенты экстинкции максимумов полос поглощения.

Несколько кристаллов вещества растворить в небольшом количестве воды и провести качественные реакции с растворами гидроксида натрия, сульфида натрия, нитрата серебра. Описать наблюдаемые явления и написать уравнения реакций.

Характеристика соединения.

Кристаллическое вещество фиолетового цвета. Температура разложения 215°C . Растворимо в воде.

Хлорид трис(этилендиамин)кобальта(III) $[\text{Co}(\text{en})_3]\text{Cl}_3$

Источник: Практикум по общей и неорганической химии (ред. Воробьев А. Р., Дракин С. И.). М. : Высшая школа. 1984. С. 115.

Методика синтеза.

Поместить 5 г гексагидрата хлорида кобальта(II) в коническую колбу емкостью 100 мл и растворить в 10 мл воды. Добавить порциями по 3 мл 16 мл 30 %-го водного раствора этилендиамина, частично нейтрализованного 4 мл 20 %-го раствора соляной кислоты (нейтрализацию проводить под тягой), а затем по каплям осторожно добавить 5 мл 20 %-го раствора пероксида водорода (избегать бурного газообразования). Реакционную смесь перемешать на магнитной мешалке 40 мин. Полученный раствор желто-бурого цвета перелить в выпарительную чашку емкостью 100 мл и упарить с использованием инфракрасного излучателя примерно до объема 20 мл. Горячий раствор перелить в стакан емкостью 100 мл, охладить до комнатной температуры, добавить 8 мл концентрированного раствора соляной кислоты и 20 мл этанола. Смесь выдержать при 0°C в течение 15 мин. Выпавшие желто-оранжевые кристаллы отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть 10 мл смеси этанола и воды (1:1), затем 5 мл этанола и 5 мл эфира. Полученный препарат перенести в тарированный бюкс, высушить в сушильном шкафу при 75°C и взвесить. Рассчитать выход комплекса в процентах.

Исследование свойств синтезированного вещества.

Проверить отношение комплекса к нагреванию. Определить температуру его разложения.

Снять ИК-спектр соединения в области 4000–400 см⁻¹. Найти характеристичные полосы поглощения.

В мерной колбе на 100 мл приготовить 1,5·10⁻² М раствор комплекса в воде и снять электронный спектр поглощения свежеприготовленного раствора в области 250–800 нм, рассчитать молярные коэффициенты экстинкции максимумов полос поглощения.

Несколько кристаллов вещества растворить в небольшом количестве воды и провести реакции с растворами гидроксида калия, сульфида натрия, нитрата серебра. Описать наблюдаемые явления и написать уравнения реакций.

Характеристика соединения.

Продукт реакции представляет собой оранжево-желтые игольчатые кристаллы. Хорошо растворимы в воде. При температуре 200 °С вещество разлагается.

Хлорид гексааминкобальта(III) [Co(NH₃)₆]Cl₃

Источник: Практикум по неорганической химии (ред. Третьяков Ю. Д.). М. : Academia. 2004. С. 198.

Методика синтеза.

В стакан емкостью 50 мл поместить 2,75 г гексагидрата хлорида кобальта(II) и растворить его в 3–4 мл воды. К полученному раствору добавить 10 мл 25 %-го водного раствора аммиака, 1,8 г хлорида аммония и 0,5 г растертого активированного угля. Смесь взболтать, поставить на магнитную мешалку в кристаллизатор со льдом и при перемешивании медленно по каплям прилить 5 мл 20 %-го раствора пероксида водорода. Затем смесь нагревать 5 мин на кипящей водяной бане для разложения избытка пероксида водорода. Раствор охладить до комнатной температуры и нейтрализовать избыток аммиака 2 мл концентрированной соляной кислоты. Смесь угля и комплекса отфильтровать на воронке Бюхнера и промыть на фильтре 3 раза по 4 мл теплой воды, содержащей несколько капель концентрированной соляной кислоты, до растворения основной массы комплекса. Фильтрат нагреть на водяной бане до 80 °С и добавить концентрированную соляную кислоту до образования устойчивой мути. Полученный

раствор медленно охладить сначала до комнатной температуры, а затем до 0 °С. Выделившийся оранжево-бурый осадок отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть несколько раз этанолом и высушить на воздухе. Рассчитать выход комплекса в процентах.

Исследование свойств синтезированного вещества.

Рассмотреть кристаллы под микроскопом и описать их.

Проверить отношение комплекса к нагреванию. Определить температуру его разложения.

Снять ИК-спектр соединения в области 4000–400 см⁻¹. Найти характеристичные полосы поглощения.

В мерной колбе на 100 мл приготовить 3·10⁻² М раствор комплекса в воде:

а) снять электронный спектр поглощения свежеприготовленного раствора в области 350–800 нм, рассчитать молярные коэффициенты экстинкции максимумов полос поглощения;

б) измерить удельную электропроводность χ свежеприготовленного раствора, рассчитать молярную электропроводность μ .

Провести реакции водного раствора комплекса с растворами гидроксида калия, сульфида натрия, нитрата серебра. Описать наблюдаемые явления и написать уравнения реакций.

Характеристика соединения.

Буро-оранжевые кристаллы. При нагревании до 45 °С отщепляется одна молекула воды. Полностью комплекс разлагается при 215 °С. Растворимость в воде при 20 °С составляет 6,96 г в 100 г воды.

Додекагидрат сульфата хрома(III)–калия (хромокалиевые квасцы)

Работу проводить в вытяжном шкафу.

Получение хромокалиевых квасцов

В химический стакан 1 (

рис. 4) объемом 250 мл налить 50 мл воды и растворить 5 г дихромата калия. К полученному раствору осторожно небольшими порциями при перемешивании добавить 5 мл концентрированной серной кислоты. Стакан с раствором охладить до комнатной температуры, а затем поставить в кристаллизатор 3 со льдом.

При непрерывном перемешивании на магнитной мешалке 4 к раствору в стакане постепенно по каплям с помощью капельной воронки 5 добавлять 6 мл этилового спирта. При добавлении спирта следить с помощью термометра 6 за тем, чтобы температура реакционной смеси не превышала 35 °С.

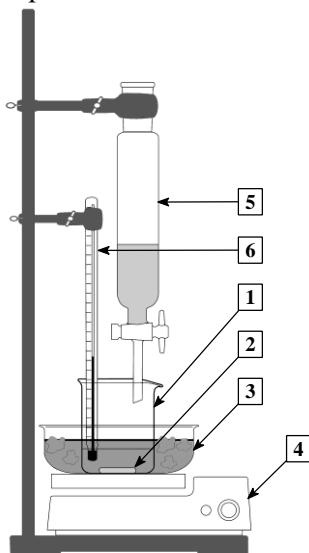


Рис. 4. Установка для получения хромокалиевых квасцов
1 – стакан; 2 – «якорек»; 3 – кристаллизатор со льдом;
4 – магнитная мешалка; 5 – капельная воронка; 6 – термометр

Стакан с раствором накрыть фильтровальной бумагой и оставить в вытяжном шкафу на несколько дней. Выделившийся осадок отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть ~5 мл ледяной воды и высушить на фильтре током воздуха при включенном водоструйном насосе в течение 25-30 мин. Перенести полученное вещество в тарированную чашку Петри и взвесить. Маточный раствор собрать и использовать для выращивания крупных кристаллов.

Написать уравнение реакции и рассчитать выход хромокалиевых квасцов в % от теоретического.

Изучение некоторых свойств хромокалиевых квасцов

1. Рассмотреть полученное соединение под микроскопом, *отметить цвет и форму кристаллов*. Выбрать наиболее совершенный кристалл квасцов и использовать его в качестве "затравки" для роста из маточного раствора.

Для этого выбранный кристалл 5 (рис. 5) привязать нитью 4 к стеклянной палочке 3. Сделать небольшое отверстие в фильтровальной бумаге 2, через которое продеть нить с привязанным к ней кристаллом. В стакан 1 налить маточный раствор, оставшийся после получения хромокалиевых квасцов, и погрузить кристалл в раствор. Накрывать стакан 1 крышкой 2.

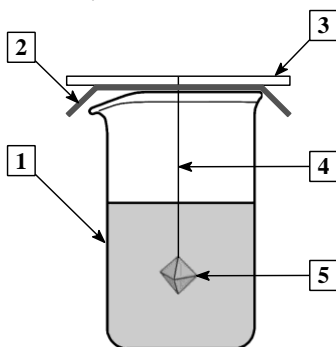


Рис. 5. Выращивание кристалла хромокалиевых квасцов
1 – стакан; 2 – крышка; 3 – палочка; 4 – нить; 5 – кристалл

В течение нескольких недель наблюдать, как растет кристалл 5. При необходимости доливать маточный раствор. По завершении опыта кристалл извлечь из раствора и осушить фильтровальной бумагой.

Сохранить кристалл можно только в герметичной емкости, так как он выветривается на воздухе.

Зарисовать форму выращенного кристалла.

2. В мерной колбе объемом 100 мл приготовить $1 \cdot 10^{-2}$ М раствор полученных хромокалиевых квасцов в воде и отдать для регистрации электронного спектра поглощения в области 350-600 нм. *Рассчитать молярный коэффициент экстинкции максимумов полос поглощения в спектре полученного Вами вещества. Сравнить результаты с литературными данными.*

3. Небольшое количество полученного вещества поместить в пробирку и отдать для регистрации ИК-спектра в области $4000-400\text{ см}^{-1}$. Сравнить спектр полученного Вами вещества с литературными данными.

6.4.3. Бис-(ацетилацетонат) оксованадия(IV)

Работу проводить в вытяжном шкафу.

Получение бис-(ацетилацетоната) оксованадия(IV), $[VO(acac)_2]$

В стакан емкостью 100 мл поместить 2,5 г оксида ванадия(V), добавить 15 мл воды, 5 мл концентрированной серной кислоты и 30 мл этанола. Поставить стакан на магнитную мешалку и нагревать реакционную смесь при постоянном перемешивании в течение 30 мин. При этом цвет раствора меняется от желтого до синего. В процессе нагревания поддерживать объем раствора постоянным, добавляя необходимое количество воды.

Раствор профильтровать через бумажный фильтр в стакан емкостью 150 мл. Поместить стакан 2 (рис. 6) с полученным синим раствором на магнитную мешалку 1, добавить 6 мл ацетилацетона и перемешивать реакционную смесь в течение 5-10 мин. Затем, при постоянном перемешивании, из капельной воронки 3 осторожно по каплям добавлять раствор карбоната натрия (10 г безводной соли в 60 мл воды). *Не допускать сильного вспенивания раствора!*

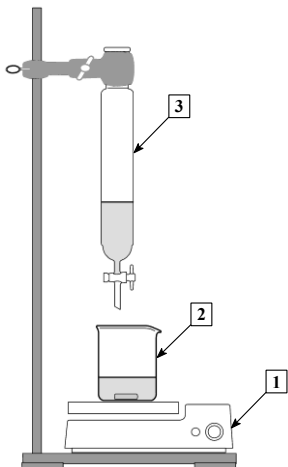


Рис. 6. Установка для получения бис-(ацетилацетоната) оксованадия(IV)
 1 – магнитная мешалка; 2 – стакан; 3 – капельная воронка

Продолжить перемешивание реакционной смеси еще в течение 15-20 мин. Образовавшийся осадок отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть небольшим количеством ледяной воды и высушить на фильтре током воздуха при включенном водоструйном насосе в течение 10-15 мин. Перенести полученное вещество в тарированную чашку Петри и взвесить.

Написать уравнения реакций и рассчитать выход бис-(ацетилацетоната) оксованадия(IV) в % от теоретического.

Изобразить структурную формулу полученного комплекса.

Изучение некоторых свойств бис-(ацетилацетоната) оксованадия(IV)

1. В мерной колбе объемом 50 мл приготовить $1 \cdot 10^{-2}$ М раствор полученного бис-(ацетилацетоната) оксованадия(IV) в этаноле и отдать для регистрации электронного спектра поглощения в области 350-800 нм. Рассчитать молярный коэффициент экстинкции максимумов полос поглощения в спектре полученного Вами вещества. Сравнить результаты с литературными данными.

2. Небольшое количество полученного вещества поместить в пробирку и отдать для регистрации ИК-спектра в области 4000-400 см^{-1} . Сравнить спектр полученного Вами вещества с литературными

данными. Результаты представить в виде **Ошибка! Источник ссылки не найден., стр. Ошибка! Залкадка не определена.**

. Трис(ацетилацетонато)алюминий $\text{Al}(\text{Acac})_3$

Все опыты проводить в вытяжном шкафу! Ацетон и ацетилацетон огнеопасны, поэтому с ними следует работать вдали от огня!

Получение трис(ацетилацетонато)алюминия

Поместить на магнитную мешалку 1 (рис. 7) стакан 2 объемом 250 мл, налить в него 100 мл воды и внести 5 г нонагидрата нитрата алюминия. Содержимое стакана перемешивать до полного растворения соли, затем добавить 5 мл ацетилацетона и продолжить перемешивание реакционной смеси в течение еще ~10 мин.

В капельную воронку 3 налить концентрированный раствор аммиака и с небольшой скоростью (~2 мл в мин) по каплям при интенсивном перемешивании добавлять его к реакционной смеси в стакане. В процессе добавления аммиака вести постоянный контроль pH реакционной смеси по универсальной индикаторной бумаге. Когда pH достигнет значения 8–9, добавление аммиака прекратить.

Продолжить перемешивание реакционной смеси еще в течение 15–20 мин. Образовавшийся светло-бежевый осадок от-

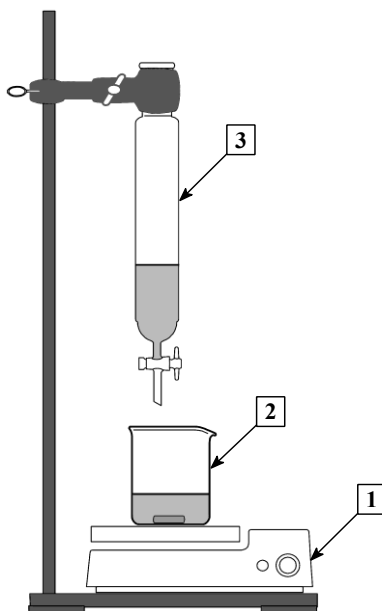


Рис. 71. Установка для получения $\text{Al}(\text{Acac})_3$:
1 – магнитная мешалка;
2 – стакан;
3 – капельная воронка

фильтровать на воронке Бюхнера (фильтр «желтая лента») и промыть 2–3 раза водой порциями по ~10 мл. Осадок на фильтре высушить током воздуха при включенном водоструйном насосе в течение 15–20 мин.

Продукт перекристаллизовать из ацетона. Для этого полученное вещество аккуратно перенести с фильтра в стакан объемом 100 мл и прилить ~25 мл ацетона. Накрыть стакан часовым стеклом и нагреть до начала кипения ацетона. Если при этом в горячем ацетоне продукт растворился не полностью, охладить стакан до комнатной температуры, добавить еще некоторое количество ацетона и вновь нагреть, как описано ранее.

Медленно охладить раствор сначала до комнатной температуры, а затем – в кристаллизаторе со льдом. Очищенное вещество отфильтровать на стеклянном пористом фильтре (40 пор) и высушить током воздуха при включенном водоструйном насосе в течение 15–20 мин. Полученные кристаллы комплекса перенести в тарированную чашку Петри и взвесить.

Написать уравнение реакции и рассчитать выход продукта.

Изобразить структурную формулу трис(ацетилацетонато)алюминия.

Изучение некоторых свойств полученного вещества

1. Небольшое количество (~1/3 шпателя) полученного ацетилацетоната алюминия поместить в сухую пробирку и осторожно (*не сильно!*) нагреть в пламени спиртовки. Кристаллы, которые в процессе нагревания вещества образовались на холодных стенках пробирки, осторожно перенести на предметное стекло, рассмотреть под микроскопом и *описать их форму*.

2. Небольшое количество полученного соединения поместить в сухую пробирку и отдать для регистрации ИК-спектра в области 4000–400 см⁻¹.

Найти в спектре характеристичные полосы поглощения и сравнить их положение с описанными в литературе данными. Результаты представить в виде табл. 2, с. Ошибка! Залка не определена.

3. Небольшое количество полученного соединения поместить в сухую пробирку и отдать для регистрации спектров ЯМР на ядрах: ²⁷Al,

^{13}C и ^1H . На основании интенсивности и положения сигналов *провести их отнесение.*

Общая характеристика трис(ацетилацетонато)алюминия

Трис(ацетилацетонато)алюминий – белое кристаллическое вещество с перламутровым блеском. Не растворяется в воде, легко растворяется в спирте, эфире и бензоле. При нагревании возгоняется.

Литературный источник

Руководство по неорганическому синтезу : в 6 т. / под ред. Г. Брауэра. М. : Мир, 1985. Т. 3. С. 912.

На основании проведенных опытов, а также сопоставив спектральные данные и характеристики полученного вами вещества с общей характеристикой, описанной в методике, сделать вывод о характерных свойствах и чистоте полученного трис(ацетилацетонато)алюминия.

Хлорид хлоропентаамминкобальта(III)

Получение хлорида хлоропентаамминкобальта(III),
 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_2$

В коническую колбу емкостью 250 мл поместить 5 г гексагидрата хлорида кобальта(II), 10 г хлорида аммония и добавить 10 мл воды. Для более полного растворения солей реакционную смесь перемешивать на магнитной мешалке в течение ~30 мин. Продолжая перемешивать, прилить 30 мл концентрированного раствора аммиака, а затем постепенно, по каплям 15 мл концентрированного раствора пероксида водорода. Полученный раствор перемешивать при комнатной температуре еще ~20 мин для завершения процесса окисления. При этом раствор должен окраситься в вино-красный цвет.

Нейтрализовать раствор, приливая осторожно и постепенно ~15 мл концентрированной соляной кислоты (рН смеси контролировать с помощью универсальной индикаторной бумаги). Для выделения осадка комплекса добавить к полученному раствору еще 10 мл концентрированной соляной кислоты, нагреть его до кипения на электроплитке, затем охладить до комнатной температуры.

Выпавший осадок красно-фиолетового цвета отфильтровать на воронке Бюхнера, промыть сначала ~5 мл воды, затем таким же объемом этанола и высушить током воздуха при включенном водоструйном насосе (в течение 10-15 мин). Сухое вещество перенести в тарированную чашку Петри и взвесить.

Написать уравнение реакции и рассчитать выход хлорида хлоропентаамминкобальта(III) в % от теоретического.

Изучение некоторых свойств хлорида хлоропентаамминкобальта(III)

1. Рассмотреть кристаллы препарата под микроскопом и описать их.

2. Провести реакции водного раствора комплекса с растворами нитрата серебра, гидроксида натрия, сульфида натрия. *Что наблюдается? Написать уравнения всех реакций.*

3. В мерной колбе объемом 100 мл приготовить $1 \cdot 10^{-2}$ М раствор полученного комплекса в воде и отдать для регистрации электронного спектра поглощения в области 350-800 нм. *Рассчитать молярный коэффициент экстинкции максимумов полос поглощения в спектре полученного Вами вещества. Сравнить результаты с литературными данными.*

4. Небольшое количество полученного вещества поместить в пробирку и отдать для регистрации ИК-спектра в области 4000-400 см^{-1} . *Сравнить спектр полученного Вами вещества с литературными данными. Результаты представить в виде **Ошибка! Источник ссылки не найден., стр. Ошибка! Закладка не определена.***

9.3.4. Хлорид иодопентаамминкобальта(III)

Работу проводить в вытяжном шкафу.

Получение хлорида иодопентаамминкобальта(III), $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5]\text{ICl}_2$

В стакане емкостью 50 мл приготовить суспензию 3,5 г предварительно растертого иода в 15 мл этанола. В другой стакан емкостью 250 мл внести 7 г гексагидрата хлорида кобальта(II), 25 г хлорида аммония, 0,5 г иодида аммония и прилить 35 мл воды. Поместить

стакан на магнитную мешалку и добавить при перемешивании к содержимому большого стакана суспензию иода в этаноле.

Через ~10 мин, продолжая перемешивание, к полученной смеси небольшими порциями (по 2-3 мл) прилить 20 мл концентрированного раствора аммиака. После появления темно-зеленого осадка продолжить перемешивание реакционной смеси в течение ~30 мин. Затем маточный раствор осторожно слить. Осадок 3-4 раза промыть декантацией водой порциями по ~30 мл.

Образовавшийся осадок отфильтровать на тарированном стеклянном пористом фильтре (100 пор), промыть сначала 2-3 раза порциями по ~5 мл этанолом, затем 5-10 мл эфира и высушить током воздуха при включенном водоструйном насосе (в течение 10-15 мин). Сухое вещество на фильтре взвесить и вычислить массу образовавшегося продукта.

Написать уравнение реакции и рассчитать выход хлорида иодопентаамминкобальта(III) в % от теоретического.

Изучение некоторых свойств хлорида иодопентаамминкобальта(III)

1. Рассмотреть полученные кристаллы под микроскопом и *описать их.*

2. Небольшое количество вещества в тигле нагреть на плитке. *Что наблюдается? Какие реакции можно предложить для подтверждения степени окисления металла в прокаленном остатке?*

3. Провести реакции водного раствора комплекса с растворами нитрата серебра, гидроксида натрия, сульфида натрия. *Что наблюдается? Написать уравнения всех реакций.*

4. Небольшое количество полученного вещества поместить в пробирку и отдать для регистрации ИК-спектра в области 4000-400 см⁻¹. *Сравнить спектр полученного Вами вещества с литературными данными. Результаты представить в виде **Ошибка! Источник ссылки не найден., стр. Ошибка! Закладка не определена.***

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Практикум по неорганической химии / под. ред. В. И. Спицына. М. : Изд-во МГУ, 1976.
2. В. И. Спицын, Н. А. Субботина, Н. А. Санталова. Руководство к лекционным демонстрациям по неорганической химии. М. : Изд-во МГУ, 1977.
3. Фоулз Г. Лекционные опыты по химии. М. : Гос. уч. пед. изд-во Министерства просвещения РСФСР, 1962.
4. Руководство по неорганическому синтезу : в 6 т. / под ред. Г. Брауэра. М. : Мир, 1985.
5. Практикум по неорганической химии, части 2 и 3, Изд-во НГУ, 2010.

Учебное издание

**Корнев Сергей Васильевич
Наумов Николай Геннадьевич
Шубин Юрий Викторович**

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

для студентов I курса биологического отделения ФЕН

Редактор *Д. И. Ковалева*

Подписано в печать
Формат 60 x 84/16. Уч.-изд. л. 3,5. Усл. печ. л. 3,3.
Тираж 250 экз. Заказ №

Редакционно-издательский центр НГУ.
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2.