

# **ПРАКТИКУМ**

## **ПО ХИМИИ**

100balnik.com

**100-БАЛЛОВ**

*Делаем невозможное возможным*

**на второй Естественнонаучной образовательной  
программе  
в ОЦ «Сириус»**

**А.А. Дроздов, В.В. Еремин, М.Н. Андреев, А.В. Тихонов**

Сочи, февраль 2020

## РАЗДЕЛ 1. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

### Тема 1.1. СВОЙСТВА ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

#### Опыт № 1.1.1. Получение оксида меди (I) восстановлением сульфата меди (II) глюкозой в щелочной среде

1) Запишите уравнение реакции и проведите расчет количеств исходных веществ, необходимых для получения 1 г оксида меди (I). Глюкозу и гидроксид натрия возьмите с 10%-ным избытком. Не забывайте, что сульфат меди (II) содержит в своем составе кристаллизационную воду ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Покажите расчеты преподавателю.

2) Взвесьте рассчитанные количества реагентов. Растворите сульфат меди (II) в 10 мл воды. Отдельно приготовьте раствор глюкозы в 10 мл воды и добавьте в него отвешенное количество твердой щелочи. Смешайте растворы и нагревайте полученный раствор на электроплитке при интенсивном перемешивании стеклянной палочкой, не допуская бурного кипения раствора. Что наблюдается? Как изменяется цвет осадка? Раствор с осадком охладите, а затем отделите осадок декантацией или фильтрованием. Промойте осадок водой, а затем – ацетоном и высушите на воздухе. Взвесьте продукт и определите выход реакции.

3) Опыт проводят в вытяжном шкафу! Изучите отношение полученного вещества к концентрированной азотной и соляной кислотам. Сделайте вывод о свойствах полученного соединения. Запишите уравнения реакций.

1. Для чего в раствор добавляют щелочь?

2. Изобразите электронную конфигурацию внешнего энергетического уровня для иона  $\text{Cu}^+$ .

#### Опыт № 1.1.2. Синтез дигидрата хлорида меди (II) (опыт проводят в вытяжном шкафу!)

В фарфоровую чашечку налейте 14 мл воды, 14 мл 36%-ной соляной кислоты и 4 мл 68%-ной азотной кислоты. В полученный раствор внесите 5 г медной стружки или кусков медной проволоки. Начинается бурная реакция, когда скорость выделения газа ослабевает, аккуратно подогревайте чашечку. Проводите нагревание до тех пор, пока объем раствора не сократится примерно на половину. Охладите раствор до комнатной температуры, а затем до  $0^\circ\text{C}$ , перелив его в стакан и погрузив его в кристаллизатор со льдом. Выпавшие кристаллы отфильтруйте и промойте спиртом. Высушите их при комнатной температуре, взвесьте и рассчитайте выход. Докажите, что полученное вещество представляет собой хлорид меди.

Каково строение полученного соединения?

### **Опыт № 1.1.3. Получение манганата (VI) калия**

Приготовьте в стакане раствор 2 г перманганата калия и 6 г гидроксида калия в 10 мл воды (наденьте защитные очки!). Стакан закройте часовым стеклом, нагрейте раствор и кипятите до перехода окраски в зеленый цвет, поставьте в баню со льдом.

Выпавшие кристаллы отделите фильтрованием с помощью складчатого бумажного фильтра, промойте небольшим количеством 1 М раствора гидроксида калия и высушите в сушильном шкафу. Сухие кристаллы взвесьте.

1. Для чего в исходную смесь добавляют гидроксид калия и зачем его раствором промывать выпавшие кристаллы?

2. Что произойдет при внесении манганата (VI) калия в растворы серной и соляной кислоты? Приведите уравнения реакций для каждого случая.

## **Тема 1.2. КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

### **Опыт № 1.2.1. Синтез и свойства иодида гексамминникеля (II)**

1) Иодид гексамминникеля (II) получают по реакции замещения воды в координационной сфере акваиона никеля на молекулы аммиака. Комплексный катион гексамминникеля (II) осаждается иодид-ионами, образуя малорастворимый продукт – иодид гексамминникеля (II). Запишите уравнение реакции и рассчитайте, сколько граммов хлорида никеля (II), иодида калия и какой объем 25%-ного раствора аммиака (его надо взять с 10%-ным избытком) вам потребуются для получения 1 г комплекса.

2) Отвесьте рассчитанные количества хлорида никеля (II) и иодида калия. Растворите каждое вещество в 5 – 10 мл воды. Отмерьте при помощи мерного цилиндра необходимый раствор аммиака. Синтез проводите в химическом стакане или конической колбе. К раствору хлорида никеля (II) при перемешивании добавьте раствор аммиака. Выпавший осадок растворяется в избытке реагента. Какой цвет приобрел раствор? К полученному раствору прилейте раствор иодида калия при перемешивании. Раствор с осадком перемешивайте в течение нескольких минут, а затем отделите осадок фильтрованием. Укажите в лабораторном журнале цвет фильтрата. Осадок высушите на воздухе, взвесьте и сдайте преподавателю. Рассчитайте выход продукта.

3) Небольшое количество синтезированного комплекса поместите в сухую пробирку и нагрейте. Что наблюдается? К отверстию пробирки поднесите красную лакмусовую бумажку или фильтровальную бумагу, смоченную раствором фенолфталеина. Сделайте вывод о термической устойчивости комплекса. Запишите уравнение реакции, зная, что при нагревании комплекс легко теряет одну треть молекул аммиака.

4) Изучите взаимодействие синтезированного комплекса с бромной водой, растворами гидроксида и сульфида натрия, азотной кислотой. Запишите уравнения реакций.

1. Возможно ли для никеля (II) образование комплексов с КЧ = 4? Если да, приведите пример такого комплекса и условия его образования. Если нет, то объясните, почему.

2. Приведите еще несколько примеров металлов, гидроксиды которых способны растворяться в водном аммиаке. Напишите уравнения соответствующих реакций.

### **Опыт № 1.2.2. Синтез и фотохимическое разложение триоксалатоферрата (III) калия**

Отвесьте 2,7 г гексагидрата хлорида железа (III) и растворите его в 10 мл дистиллированной воды. Приготовьте раствор 5,5 г моногидрата оксалата калия в 20 мл воды. Полученные растворы смешайте в колбе, обернутой в плотную черную бумагу или ткань. В растворе образуется триоксалатоферрат (III) калия. Запишите уравнение реакции.

Растворите 3,3 г красной кровяной соли в 25 мл воды. Приготовленный раствор добавьте к раствору в колбе, перемешайте смесь и держите ее в темноте. Полученный раствор представляет собой фоточувствительные чернила. При помощи стеклянной палочки или ватного тампона сделайте надпись чернилами на бумаге (лучше взять бумагу желтоватого оттенка, на которой высохшие чернила практически не видны). Осветите бумагу ярким светом. На ней проявляется синяя надпись. Пользуясь справочной литературой, опишите все наблюдаемые явления.

1. Будет ли полученный комплекс правильным октаэдром?

2. Приведите уравнение термического разложения данного комплекса, оксалата железа (II) и оксалата никеля (II). Отметьте и охарактеризуйте найденные отличия.

### **Опыт № 1.2.3. Синтез тригидрата триоксалатохромата (III) калия**

Внесите в химический стакан емкостью 250 мл 9,0 г дигидрата щавелевой кислоты и 5,0 г оксалата калия моногидрата. Растворите эти 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 и 42 мл воды. К раствору щавелевой кислоты и оксалата калия медленно, при интенсивном перемешивании по каплям прибавьте раствор дихромата калия. Полученную смесь отдельными порциями вливайте в фарфоровую чашку и выпаривайте воду при умеренном нагревании до появления на поверхности жидкости кристаллов. После этого охладите смесь в бане со льдом. Выпавшие при охлаждении кристаллы отделите от раствора фильтрованием и высушите на воздухе. Перенесите продукт в предварительно взвешенный бюкс.

Взвесьте продукт и рассчитайте выход.

1. Почему для синтеза этого комплекса не используют раствор соли хрома (III)?

2. Предложите метод синтеза трисоксалатманганата (III) калия.

**Опыт № 1.2.4. Синтез изомеров глицината меди (II)** (P. O'Brien, Journal of Chem. Educ., 1982, v. 59, no.12, p. 1052)

**Комплекс 1: цис-Cu(glyo<sup>-</sup>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O**

Растворите 2 г моногидрата ацетата меди (II) в 25 мл горячей воды. К полученному раствору прилейте 25 мл горячего этанола и продолжайте подогревать раствор. 1,5 г глицина растворите в 25 мл горячей воды. Смешайте два раствора при 70°C (используйте водяную баню). Далее охладите раствор в кристаллизаторе со льдом. При этом из раствора выпадут игольчатые кристаллы цис-Cu(glyo<sup>-</sup>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O, которые потом нужно отфильтровать (сохраните фильтрат и немного выпавших кристаллов для следующего опыта).

Для дальнейшей очистки полученные кристаллы промываются этанолом и просушиваются на воздухе.

**Комплекс 2: транс-Cu(glyo<sup>-</sup>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O**

а) Небольшое количество фильтрата из опыта 1 (≈10 мл) поместите в маленькую колбу, добавьте примерно 1,5 г непромытых кристаллов из опыта 1 и 1 г глицина. Полученную смесь далее нагревают в течение 1 часа и отфильтровывают осадок из горячего раствора. Полученные кристаллы просушивают на воздухе.

б) Небольшое количество транс-Cu(glyo<sup>-</sup>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O можно получить нагревая полученные кристаллы цис-Cu(glyo<sup>-</sup>)<sub>2</sub>·H<sub>2</sub>O в печи при 180°C. При этом реакция протекает примерно за 10-15 минут.



**Опыт № 1.2.5. Реакция Белоусова-Жаботинского**

Для демонстрации эксперимента готовят два раствора – А и Б.

**А** – раствор ферроина – комплекса железа (II) с о-фенантролином (phen).

В мерную колбу емкостью 100 мл внесите 0,70 г гептагидрата сульфата железа(II) и 1,49 г о-фенантролина, доведите объем раствора водой до метки и перемешайте.

**Б** – раствор броммалоновой кислоты (готовится непосредственно перед демонстрацией). В колбу Эрленмейера с пришлифованной пробкой с помощью пипеток введите 3,3 мл 2,0 М раствора бромида калия, 5,0 мл 5,0 М раствора малоновой кислоты и 5 мл концентрированной серной кислоты. К полученному раствору добавьте 7,5 мл насыщенного раствора бромата калия (растворимость при 20 °С равна 6,87 г на 100 г воды). Образующаяся

броммалоновая кислота неустойчива, однако некоторое время ее можно хранить при низкой температуре.

Для непосредственной демонстрации опыта в чашку Петри последовательно внесите с помощью пипеток 10 мл насыщенного раствора бромата калия, 4 мл раствора **Б** и 2 мл раствора **А**. Через некоторое время на красном фоне появятся голубые полосы, спирали, замкнутые кривые.

Если содержимое чашки перемешать стеклянной палочкой, то раствор на непродолжительное время станет одноцветным, а потом периодический процесс повторится.

Можно внести в чашку Петри, помимо всех перечисленных реагентов, несколько кристалликов гексагидрата нитрата церия (III); тогда диапазон окрасок расширится: появятся желтый и зеленый цвета.

#### **Теоретические вопросы:**

1. Запишите уравнения следующих реакций в ионном виде:

а) бромата калия с бромидом калия при получении раствора **Б**;

б) продукта реакции (а) с малоновой кислотой, в которой образуется броммалоновая кислота;

в) продукта реакции (а) с малоновой кислотой, в которой образуется углекислый газ;

г) окисления ферроина броматом калия в кислой среде;

д) окисления броммалоновой кислоты ферроином (комплексом железа (III) с фенантролином).

2. Присутствием каких ионов обусловлена красная, голубая, желтая и зеленая окраска различных участков раствора?

3. Нарисуйте структурные формулы двух изомеров фенантролинатного комплекса железа (II). В каком соотношении они образуются в растворе **А**?

## РАЗДЕЛ 2. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

### Тема 2.1. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ. ТИТРОВАНИЕ

#### План работы

- 1) Знакомство с методом (стандартные растворы, первичные стандарты, вторичные стандарты, аликвота, стандарт-титр, конечная точка титрования, точность титрования, систематическая ошибка, обработка экспериментальных данных);
- 2) Виды титрований (кислотно-основное, окислительно-восстановительное, комплексонометрическое), прямое и обратное титрование;
- 3) Кривые кислотно-основного титрования;
- 4) Знакомство с посудой и оборудованием;
- 5) Приготовление стандартного раствора;
- 6) Обработка методик титрования (на выбор преподавателя).

#### *Посуда для титрования. Общие сведения*

Для проведения титрования используют мерные колбы, конические колбы, пипетки Мора и бюретки. Набор жидкости в пипетку осуществляют при помощи резиновой груши или специального дозатора (пипетатора).

Мерные пипетки (пипетки Мора) представляют собой стеклянные трубки с расширением в средней части. Нижний конец пипетки немного оттянут. В верхней ее части находится круговая метка, до которой набирают жидкость. Чтобы заполнить пипетку нижний ее конец опускают в жидкость до дна сосуда. При помощи груши набирают жидкость, следя, чтобы кончик пипетки все время был погружен. Жидкость набирают так, чтобы она поднялась на 2–3 см выше метки, затем быстро закрывают верхнее отверстие указательным пальцем, придерживая пипетку большим и средним пальцами. После этого ослабляют нажим указательного пальца, жидкость медленно вытекает из пипетки. Как только нижний мениск жидкости опустится до метки (метка должна находиться на уровне глаз), палец снова прижимают. Пипетку с раствором переносят в колбу для раствора, которую держат левой рукой в наклонном положении. Держа пипетку вертикально, отнимают указательный палец и дают жидкости стечь по стенке колбы (рис. 3). После того, как жидкость стечет, пипетку держат еще несколько секунд приклоненной к стенке колбы, слегка поворачивая ее. Выдуть жидкость из пипетки нельзя, так как пипетка отградуирована с учетом оставшейся в ней капли. По окончании работы пипетки моют и ополаскивают дистиллированной водой.

Бюретки представляют собой стеклянные градуированные трубки, снабженные притертым краном или стеклянным капилляром, присоединенным к бюретке с помощью резиновой трубки. Внутри резиновой трубки находится стеклянный шарик, закрывающий выход жидкости из

бюретки. Для вытекания жидкости резиновую трубку оттягивают от шарика. Бюретку заполняют жидкостью через воронку, при этом должен быть заполнен и стеклянный капилляр. Если в капилляре остается пузырек воздуха, кончик капилляра загибают кверху и, подставив под него пустую колбу или стакан, выпускают жидкость до тех пор, пока весь воздух не будет удален. Перед началом титрования уровень жидкости в бюретке должен быть установлен на нулевом делении. Для этого наливают раствор в бюретку на 23 см выше нулевого деления, а затем снимают воронку и сливают избыток раствора. Уровень прозрачных растворов устанавливают по нижнему краю мениска, непрозрачных – по верхнему краю. В процессе титрования жидкость выливают из бюретки по каплям. При отсчете по бюретке глаза должны находиться на уровне жидкости. Рекомендуется устанавливать нулевой уровень бюретки перед каждым титрованием, т. е. пользоваться всегда одной и той же частью бюретки. При титровании стараются брать такие аликвоты титруемого раствора, чтобы на титрование расходовалось 10–20 мл рабочего раствора. По окончании работы титрант из бюретки сливают, бюретку моют и ополаскивают дистиллированной водой.

Перед началом титрования необходимо (1) вымыть бюретку, ополоснуть дистиллированной водой, а затем раствором титранта; (2) вымыть пипетку, ополоснуть дистиллированной водой, а затем анализируемым раствором; (3) вымыть колбы для титрования и мерную колбу и ополоснуть их дистиллированной водой.

Аликвоту контрольного раствора с помощью пипетки помещают в колбу для титрования, добавляют 2–3 капли индикатора и, в случае необходимости, вспомогательные растворы (отмеривают цилиндром). Титрование проводят на фоне листа белой бумаги, помещенного на штатив. Опускают капилляр бюретки в колбу с анализируемым раствором так, чтобы он был направлен в центр колбы и находился в верхней части ее горла.



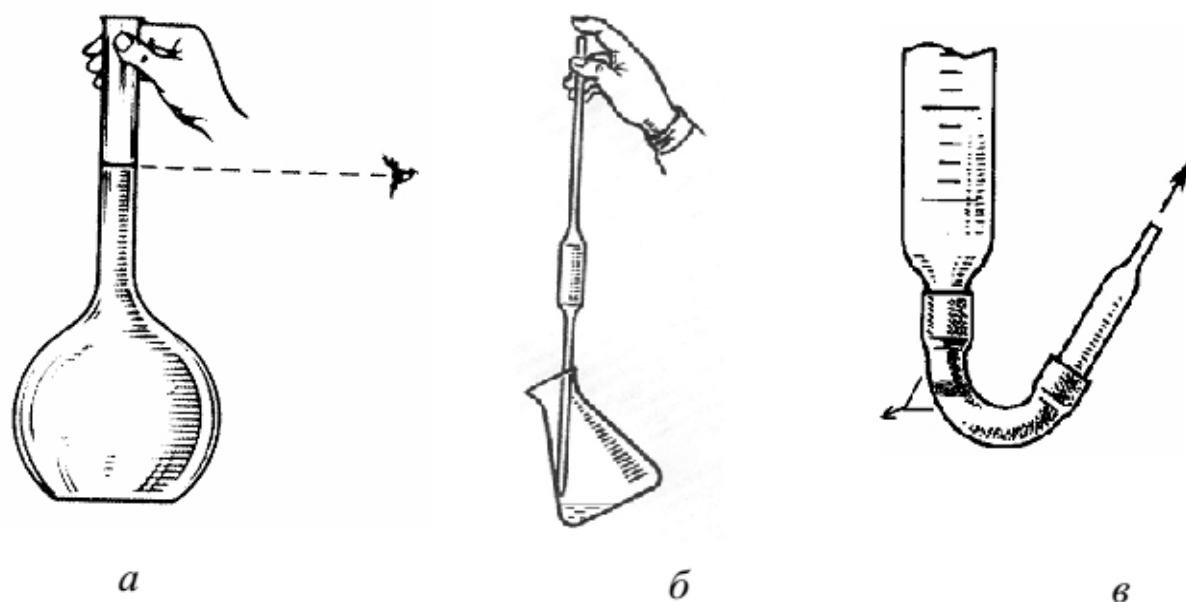


Рис. 3. Правильное заполнение мерной колбы жидкостью (а) и перенос раствора из пипетки в колбу для титрования (б), удаление воздуха из носика бюретки (в)

При титровании титрант приливают по каплям из бюретки в колбу с раствором. Содержимое колбы непрерывно перемешивают плавными круговыми движениями руки. Конец титрования определяют по резкому изменению окраски раствора при добавлении одной капли титранта. Показания бюретки считывают не ранее чем через 30 с после окончания прибавления раствора. Это время необходимо, чтобы жидкость, оставшаяся на стенках бюретки, успела стечь. Помните, что при отсчете по бюретке глаза должны находиться на уровне жидкости.

Результаты титрования записывают в журнал в виде таблицы. Каждый контрольный раствор титруют не менее четырех раз. Если результаты трех параллельных титрований отличаются друг от друга более, чем на 0,10 мл, титрование повторяют до получения сходящихся результатов.

Обработка результатов титрования заключается в использовании стехиометрии реакции. Если использовалась реакция  $aA + bB \rightarrow \dots$ , и на объем  $V_A$  титруемого вещества А, концентрация которого равна  $c_A$ , пошел объем  $V_B$  титранта с концентрацией  $c_B$ , то для расчетов можно использовать соотношения:

$$\frac{n_B}{n_A} = \frac{b}{a} \quad c_A = \frac{n_A}{V_A} \quad c_B = \frac{n_B}{V_B}$$

## 2.1А. Кислотно-основное титрование

### Опыт 2.1.1. Приготовление и стандартизация рабочего раствора HCl

Точную концентрацию раствора HCl устанавливают по результатам титрования стандарта – раствора тетрабората натрия  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ , который реагирует с HCl. Запишите уравнение реакции. Назовите примерное значение pH в конечной точке титрования. Выберите индикатор.

Таблица 3.5. Интервалы перехода некоторых кислотно-основных индикаторов

Индикатор	Интервал перехода pH	Окраска	
		в кислой среде (молекулярная форма)	в щелочной среде (ионная форма)
Тимоловый голубой (1 переход)	1,2 – 2,8	Красный	Желтый
Метиловый оранжевый	3,1 – 4,4	Красный	Желтый
Метиловый красный	4,4 – 6,2	Красный	Желтый
Лакмус	5,0 – 8,0	Красный	Синий
Феноловый красный	6,4 – 8,0	Желтый	Красный
Тимоловый голубой (2 переход)	8,0 – 9,6	Желтый	Голубой
Фенолфталеин	8,0 – 10,0	Бесцветный	Красный
Тимолфталеин	9,4 – 10,6	Бесцветный	Синий
Ализариновый желтый	10,0 – 12,0	Желтый	Сиреневый

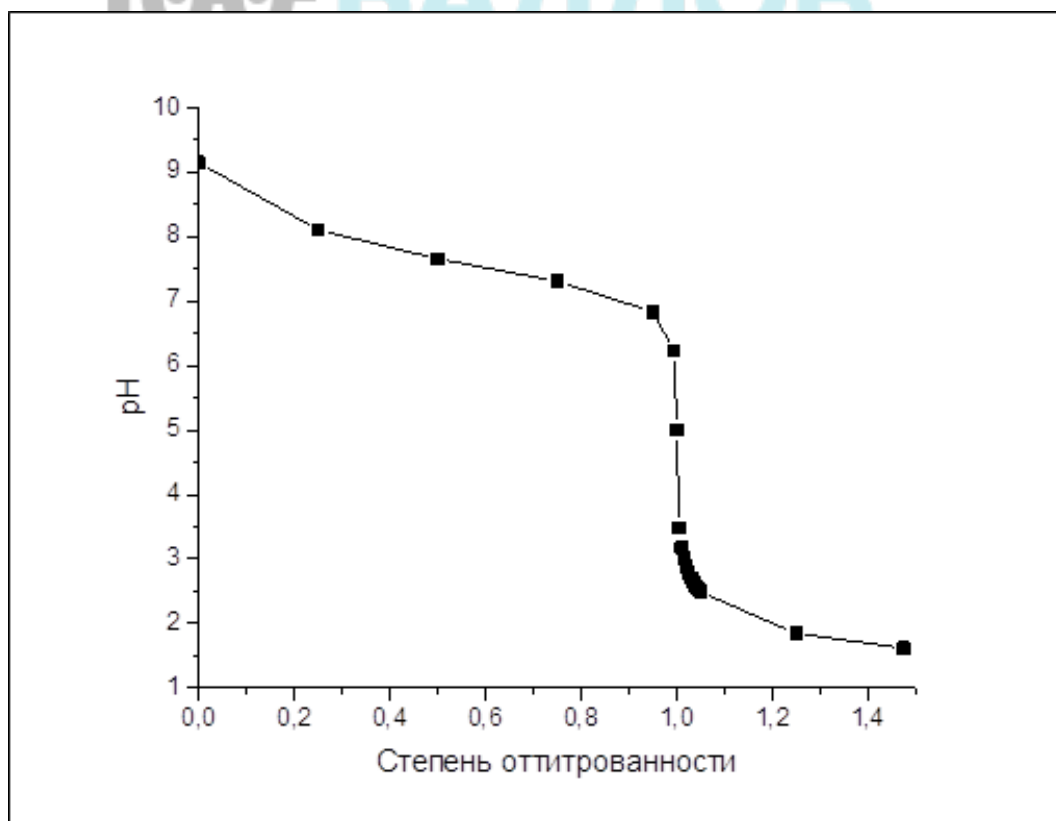


Рис. 4. Вид кривой титрования 0,1 М раствора тетрабората натрия 0,1 М соляной кислотой

Выполнение работы.

1. Приготовление рабочего раствора HCl.

Для определения плотности концентрированного раствора HCl в мерный цилиндр помещают денсиметр и осторожно приливают раствор HCl до всплытия денсиметра. Отсчет показаний денсиметра проводят по верхнему делению шкалы, выступающему на уровне поверхности жидкости. Используя полученное значение плотности, по таблице находят массовую долю (%) или молярную концентрацию (моль/л) HCl в растворе. Исходя из этого, рассчитывают объем концентрированной кислоты, необходимый для приготовления 1000 мл 0,1 М. раствора.

Таблица 3.6. Плотность растворов соляной кислоты

$d^{20}$ , г/мл	Содержание HCl в растворе		$d^{20}$ , г/мл	Содержание HCl в растворе		$d^{20}$ , г/мл	Содержание HCl в растворе	
	г/100 г	г/л		г/100 г	г/л		г/100 г	г/л
1,01	2,4	24,24	1,08	16,64	179,7	1,14	28,56	325,6
1,02	4,44	45,29	1,09	18,65	203,3	1,15	30,54	351,2
1,03	6,48	66,74	1,1	20,65	227,2	1,16	32,54	377,5
1,04	8,53	88,71	1,11	22,65	251,4	1,17	34,53	404
1,05	10,57	111	1,12	24,63	275,9	1,18	36,58	431,6
1,06	12,6	133,6	1,13	26,6	300,6	1,19	38,63	459,7
1,07	14,63	156,5						

В мерный цилиндр наливают небольшое количество дистиллированной воды (~100 мл), затем вносят рассчитанный объем концентрированного раствора HCl, отмеренный другим мерным цилиндром. Полученный раствор разбавляют дистиллированной водой до нужного объема. Приготовленный раствор переливают через воронку в склянку для хранения, закрывают, тщательно перемешивают содержимое и наклеивают этикетку.

2. Установление точной концентрации приготовленного раствора (стандартизация).

Исходя из того, что необходимо приготовить 100,0 мл 0,05 М раствора тетрабората натрия, рассчитывают ориентировочную массу буры  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ . Далее взвешивают тару, помещают в нее рассчитанную массу буры и взвешивают. Навеску аккуратно пересыпают через сухую воронку в мерную колбу, а тару с оставшимися на стенках частицами соли снова взвешивают. По разности находят точную массу вещества, перенесенного в мерную колбу.

Струей горячей воды смывают навеску в мерную колбу (в холодной воде соль плохо растворяется) и добавляют горячей воды до объема колбы. Снимают с колбы воронку и перемешивают содержимое колбы до полного растворения. Охлаждают раствор до комнатной температуры, разбавляют его

дистиллированной водой. Последнюю порцию воды добавляют по каплям до тех пор, пока вогнутый мениск своей нижней частью не совпадет с линией метки на верхней узкой части колбы (следите, чтобы метка находилась на уровне глаз).

Проведите расчет молярной концентрации  $c$  с точностью до 4-х значащих цифр и приступайте к титрованию.

Бюретку, закрепленную в штативе, промойте небольшим количеством приготовленного раствора кислоты и заполните через воронку этим же раствором кислоты выше нулевой отметки. Приподняв кверху стеклянный кончик бюретки и нажав на шарик, удалите из трубки пузырьки воздуха. Затем выньте воронку и доведите объем раствора в бюретке до нуля по нижнему мениску.

Промойте пипетку приготовленным раствором тетрабората натрия. При наборе жидкости в пипетку пользуйтесь резиновой грушей или пипетатором.

В чистую коническую колбу переносите пипеткой 10,00 мл раствора тетрабората натрия. Прибавьте к раствору 1–2 капли раствора индикатора. На основание штатива положите лист белой бумаги. Приготовьте раствор свидетеля, добавив в колбу 10–20 мл воды, 1–2 капли раствора HCl и 1–2 капли индикатора. Титрование проводят, добавляя сначала небольшие порции кислоты, а затем по каплям, при непрерывном перемешивании раствора в колбе. Надо зафиксировать момент, когда от одной капли раствора HCl произойдет изменение окраски метилового оранжевого от желтой в оранжевую. Окраску титруемого раствора сравнивают с окраской свидетеля. Титрование повторяют до тех пор, пока объемы кислоты в параллельных пробах будут отличаться не более чем на 0,10 мл.

Все результаты записывают в рабочий журнал. Из трех сходящихся отсчетов рассчитывают среднее значение объема HCl, пошедшего на титрование, а затем вычисляют точную концентрацию приготовленного раствора кислоты.

Результаты представляют в лабораторном журнале в следующем виде:

- 1) HCl,  $\rho =$  \_\_\_\_\_ г/см<sup>3</sup>
- 2) концентрация кислоты = \_\_\_\_\_ г/л,  $c(\text{HCl}) =$  \_\_\_\_\_ моль/л
- 3)  $V(\text{HCl}) =$  \_\_\_\_\_
- 4)  $m_{\text{теор}}(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = c(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) \cdot V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) \cdot M(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) =$  \_\_\_\_\_
- 5) Взвешивание:  $m(\text{посуда} + \text{вещество}) =$  \_\_\_\_\_ г  
 $m(\text{посуды после высыпания}) =$  \_\_\_\_\_ г  
 $m(\text{вещество}) =$  \_\_\_\_\_ г
- 6) Объем мерной колбы \_\_\_\_\_ мл  
 $c(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7) =$  \_\_\_\_\_ моль/л

7) Результаты титрования

$V(\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7)$ , мл	$V(\text{HCl})$ , мл

Средний объем раствора = \_\_\_\_\_ мл

8) Расчет молярной концентрации HCl:

$c(\text{HCl}) =$  \_\_\_\_\_ моль/л

**Теоретические вопросы:**

1. Напишите уравнение реакции взаимодействия тетрабората натрия с соляной кислотой и выведите формулу для расчета концентрации соляной кислоты.
2. Приведите структурную формулу аниона, присутствующего в структуре бору. Сколько молекул кристаллизационной воды приходится на 1 анион?
3. В растворе борной кислоты при различных pH присутствуют такие анионы, как  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ ,  $\text{B}_3\text{O}_3(\text{OH})_4^-$ ,  $\text{B}_5\text{O}_6(\text{OH})_4^-$ . Нарисуйте их структурные формулы. Расставьте эти анионы в порядке увеличения pH, при котором они существуют в растворе (то есть в порядке увеличения pH, при котором их молярная доля максимальна).

**Опыт 2.1.2. Приготовление 0,1000 М раствора HCl из фиксанала (выполняется один опыт на группу учащихся)**

В мерную колбу емкостью 1 л поместите химическую воронку, в которую опустите боек. Возьмите ампулу с фиксаналом. Убедитесь, что вами выбран правильный фиксанал. Рассмотрите ампулу. Она имеет углубления с двух сторон. Слегка ударьте ампулу углублением об острие бойка. При помощи второго бойка пробейте верхнее отверстие и дайте содержимому ампулы полностью вылиться. Затем, не меняя положения ампулы, тщательно промойте ее изнутри из промывалки дистиллированной водой. Используйте для промывания большой объем воды, в несколько раз превышающий объем ампулы. Затем доведите объем раствора дистиллированной водой до метки. Закройте мерную колбу пробкой и тщательно перемешайте раствор, переворачивая колбу вверх дном несколько раз.

**Теоретические вопросы:**

1. Считая, что объем раствора в фиксанале примерно в 20 раз меньше объема полученного раствора, оцените концентрацию соляной кислоты в фиксанале.
2. Работа с концентрированными кислотами опасна ожогами. Что нужно делать, если Вы пролили на руку кислоту из фиксанала. Приведите последовательность из трех действий.

### Опыт 2.1.3. Определение концентрации раствора гидроксида натрия методом кислотно-основного титрования

Необходимо определить точную концентрацию  $\approx 0,1$  М раствора NaOH методом титрования. В качестве стандарта для определения концентрации NaOH будем использовать стандартизованный раствор HCl. Стандартный раствор наливают в бюретку, предварительно вставив в нее воронку. Бюретку заполняют полностью, наливая раствор немного выше деления, принятого за начало отсчета, а затем избыток раствора сливают в стаканчик. Необходимо следить, чтобы в носике бюретки не было пузырьков воздуха. Каждый такой пузырек может сильно понизить точность измерения, поэтому пузырьки удаляют аккуратным постукиванием по носику еще до начала титрования. Для титрования используют три одинаковые конические колбы, которые нумеруют маркером. Они используются в трех параллельных титрованиях. Для увеличения точности определения концентрации титрование необходимо провести не менее трех раз и взять средний результат. В каждую колбу при помощи пипетки Мора переносят аликвоту раствора гидроксида натрия объемом 10,00 мл. О том, как правильно отбирать раствор пипеткой, проконсультируйтесь у преподавателя.

Затем в каждую колбу добавьте по две капли раствора фенолфталеина, служащего индикатором. Титрование проводят, добавляя стандартный раствор соляной кислоты по каплям и непрерывно перемешивая жидкость в конической колбе плавными движениями руки. Для этого колбу держат в правой руке, а левой регулируют интенсивность вытекания жидкости из бюретки. Момент нейтрализации устанавливают по исчезновению окраски фенолфталеина от последней добавленной капли раствора кислоты. После окончания титрования определяют показания бюретки по нижнему мениску жидкости, который должен касаться метки. Снова заполните бюретку раствором соляной кислоты и повторите титрование щелочи, находящейся в колбах 2 и 3. Результаты титрования представьте в виде таблицы:

№ опыта	Объем раствора NaOH, мл	Объем стандартного 0,1000 М р-ра HCl, мл	$c(\text{NaOH})$ , моль/л	Среднее значение $c(\text{NaOH})$ , моль/л
1				
2				
3				

#### Теоретические вопросы:

1. Почему это титрование не используют для стандартизации соляной кислоты раствором щелочи? Ответ подтвердите уравнениями реакций.
2. Какой получится концентрация соляной кислоты, если проводить стандартизацию старым раствором щелочи – заниженной или завышенной? Ответ объясните.

3. Рассчитайте скачок титрования. Для этого рассчитайте рН при степени оттитрованности 99,9% и 100,1%.

#### **Опыт 2.1.4. Определение концентрации уксусной кислоты в уксусе.**

Вам выдан 3% раствор уксусной кислоты, который в быту принято называть просто «уксусом». Плотность такого раствора равна 1,0 г/мл.

Для определения точной концентрации уксусной кислоты в этом растворе его необходимо разбавить до концентрации примерно 0,1 моль/л. Для этого пипеткой отберите нужный объем уксуса и перенесите в мерную колбу на 100,0 мл. Раствор доведите до метки и перемешайте.

Бюретку ополосните раствором щелочи, стандартизованным в предыдущем опыте, и заполните им, не забыв выпустить пузырьки воздуха из носика бюретки.

В 3 конические колбы для титрования с помощью пипетки Мора перенесите аликвоты (10,00 мл) разбавленного раствора уксусной кислоты и добавьте 2-3 капли индикатора. Оттитруйте раствор до перехода окраски, повторите титрование до получения 3 сходящихся результатов. *Индикатор выберите самостоятельно.*

Рассчитайте точную концентрацию уксусной кислоты в разбавленном растворе и в 3% уксусе.

#### **Теоретические вопросы:**

1. Оцените концентрацию уксусной кислоты в 3% уксусе и объем, необходимый для получения  $\approx 0,1$  М раствора уксусной кислоты.

2. Рассчитайте рН 3% раствора уксусной кислоты ( $pK_a = 4,75$ ).

3. Каким равновесием определяется рН в точке эквивалентности? Рассчитайте константу равновесия этого процесса и рН в точке эквивалентности.

#### **Опыт 2.1.5. Определение количественного состава смеси карбоната и гидрокарбоната натрия.**

В большинстве лабораторий на полках с реактивами можно найти старые банки со старыми реактивами. Главный минус таких реактивов – не невзрачность старых банок темного стекла, а наличие загрязнений, накапливающихся со временем при стоянии на воздухе.

В лаборатории найден карбонат натрия технической чистоты 1965 г. производства. Вам выданы навески этого карбоната, содержащего карбонат натрия, декагидрат карбоната натрия и гидрокарбонат натрия.

С помощью аналитических весов определите массу выданной пробы и запишите в лабораторный журнал. Всю навеску количественно перенесите из стакана в мерную колбу на 100,0 мл (для этого после переноса основной части навески несколько раз ополосните стакан дистиллированной водой, выливая каждую порцию в мерную колбу). Растворите пробу в дистиллированной воде и доведите водой до метки.

Бюретку ополосните стандартным раствором соляной кислоты, затем заполните бюретку этим же раствором.

В 3 колбы для титрования с помощью пипетки Мора на 10,00 мл отберите аликвоты раствора из мерной колбы. В каждую из колб добавьте несколько капель индикатора фенолфталеина и проведите титрование до обесцвечивания раствора.

Аналогично оттитруйте исследуемый раствор с метилоранжем. Переход окраски, который необходимо фиксировать в точке эквивалентности – из желтого в оранжевый (без оттенка розового).

Из средних объемов, найденных при титровании с фенолфталеином и метилоранжем, и точной массы навески определите массы каждого из трех компонентов в смеси.

#### **Теоретические вопросы:**

1. Составьте систему из трех уравнений, позволяющую рассчитать количества трех компонентов в смеси.

2. Напишите уравнения реакций, протекающих при титровании с метилоранжем и с фенолфталеином, в ионном виде. Определите константы равновесия этих реакций, если для угольной кислоты  $K_{a1} = 4,27 \cdot 10^{-7}$ ,  $K_{a2} = 4,68 \cdot 10^{-11}$ .

3. Пусть объемы, пошедшие на титрование с фенолфталеином и с метилоранжем, равны  $V_1$  и  $V_2$ , соответственно. Какими станут объемы раствора, идущие на титрование аликвоты такого же объема, если ее предварительно прокипятить?

100balnik.com

#### **Опыт 2.1.6. Определение содержания солей аммония методом обратного титрования**

Обратное титрование основано на том, что к анализируемому раствору соли аммония добавляют точно отмеренный, но заведомо избыточный объем стандартного раствора NaOH и нагревают смесь до полного удаления аммиака. Непрореагировавший избыток NaOH титруют стандартным раствором HCl в присутствии метилового оранжевого.

Анализируемый раствор помещают в мерную колбу объемом 100,0 мл, доводят объем раствора до метки и содержимое колбы тщательно перемешивают. В 2–3 конические колбы переносят одинаковые аликвоты анализируемого раствора и добавляют в каждую из них пипеткой по два таких же объема стандартного раствора NaOH.

Растворы кипятят на плитке до полного удаления аммиака. Полноту удаления контролируют по универсальной индикаторной бумаге. Для этого смоченную дистиллированной водой полоску индикаторной бумаги вносят в пары над кипящим в колбе раствором. Если индикаторная бумага не синее, то  $\text{NH}_3$  полностью удален. Колбы снимают с электроплитки и охлаждают до комнатной температуры. Затем проводят титрование стандартным раствором HCl, добавив 1–2 капли метилового оранжевого. По полученным результатам рассчитывают массу  $\text{NH}_4\text{Cl}$  в анализируемом растворе.

Результаты титрования представляют в виде таблицы



$V$ (анализ. р-ра), мл	$V(\text{HCl})$ , мл

### Средний объем раствора HCl:

$$V_{\text{cp}} = \frac{\quad \text{мл}}{n(\text{NH}_4\text{Cl}) = n(\text{NaOH}) - n(\text{HCl})}$$

$$n(\text{NH}_4\text{Cl}) = \quad \text{моль.}$$

Расчет массы  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = \quad = \quad \text{г.}$$

Истинный результат:

$$m(\text{NH}_4\text{Cl}) = \quad \text{г.}$$

### Теоретические вопросы:

1. Каким будет результат титрования (завышенным или заниженным), если не прокипятить раствор?
2. Почему нельзя определить концентрацию хлорида аммония прямым титрованием?
3. Приведите пример еще двух способов определения концентрации хлорида аммония в растворе.

### Опыт 2.1.7. Определение состава смеси борной и соляной кислот

Раствор смеси соляной и борной кислоты, находящийся в мерной колбе, доводят до метки.

Тщательно вымытую бюретку ополаскивают рабочим раствором  $\text{NaOH}$ , заполняют им «носик» и, убрав воронку, устанавливают мениск жидкости на нулевом делении.

Ополоснув пипетку анализируемым раствором, переносят в колбу для титрования 10,00 мл, добавляют 1 каплю индикатора метилового оранжевого и титруют из бюретки по каплям щелочью до изменения окраски индикатора из розовой в чисто-желтую. Отмечают количество щелочи, пошедшей на титрование соляной кислоты. Затем в титруемый раствор добавляют 10 мл глицерина, хорошо перемешивают, добавляют 6–7 капель фенолфталеина и продолжают титрование раствором  $\text{NaOH}$  до изменения окраски из желтой в оранжево-красную. Добавляют еще 5 мл глицерина и, если оранжево-красная окраска исчезла, продолжают титрование до ее появления вновь. Объем раствора  $\text{NaOH}$ , пошедшего на титрование в присутствии фенолфталеина, соответствует содержанию борной кислоты в аликвотной порции анализируемого раствора.

Рассчитайте массы борной и соляной кислоты в выданной вам пробе.

### **Теоретические вопросы:**

1. Нарисуйте структурную формулу аниона, образующегося при взаимодействии борной кислоты с глицерином (или этиленгликолем). Сколько моль щелочи идет на титрование 1 моль борной кислоты таким методом?

2. Какие качественные реакции позволяют обнаружить борную кислоту в растворе?

3. Почему нельзя провести титрование борной кислоты без добавления многоатомных спиртов?



## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 1,008																	2 He 4,0026
2	3 Li 6,941	4 Be 9,0122											5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 18,998	10 Ne 20,180
3	11 Na 22,9897	12 Mg 24,3050											13 Al 26,982	14 Si 28,086	15 P 30,974	16 S 32,066	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,867	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9380	26 Fe 55,845	27 Co 58,9332	28 Ni 58,6934	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,922	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc 98,9063	44 Ru 101,07	45 Rh 102,9055	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,411	49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,905	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,9054	56 Ba 137,327	57 La 138,9055	* 72 Hf 178,49	73 Ta 180,9479	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,217	78 Pt 195,078	79 Au 196,966	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89 Ac [227]	** 104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [263]	107 Bh [264]	108 Hs [265]	109 Mt [268]	110 Ds [271]	111 Rg [272]	112 Cn [285]	113 Nh [286]	114 Fl [289]	115 Mc [289]	116 Lv [293]	117 Ts [294]	118 Og [294]

*	58 Ce 140,116	59 Pr 140,90765	60 Nd 144,24	61 Pm [145]	62 Sm 150,36	63 Eu 151,964	64 Gd 157,25	65 Tb 158,92534	66 Dy 162,50	67 Ho 164,93032	68 Er 167,26	69 Tm 168,93421	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
**	90 Th 232,0381	91 Pa 231,03588	92 U 238,0289	93 Np [237]	94 Pu [242]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]

### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ МЕТАЛЛОВ

Li, Rb, K, Cs, Ba, Sr, Ca, Na, Mg, Be, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Pb, (H), Bi, Cu, Hg, Ag, Pd, Pt, Au

**РАСТВОРИМОСТЬ СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ ВОДЕ**

	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>
H <sup>+</sup>	–	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	P
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	–	P	P
K <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Na <sup>+</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Ag <sup>+</sup>	–	P	P	H	H	H	H	H	M	H	–	H	M
Ba <sup>2+</sup>	P	P	M	P	P	P	P	H	H	H	H	H	P
Ca <sup>2+</sup>	M	P	H	P	P	P	M	H	M	H	H	H	P
Mg <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	M	H	P	H	H	H	P
Zn <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Cu <sup>2+</sup>	H	P	P	P	P	–	H	H	P	–	–	H	P
Co <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	–	H	P
Hg <sup>2+</sup>	–	P	–	P	M	H	H	–	P	–	–	H	P
Pb <sup>2+</sup>	H	P	H	M	M	H	H	H	H	H	H	H	P
Fe <sup>2+</sup>	H	P	M	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P
Fe <sup>3+</sup>	H	P	H	P	P	–	–	–	P	–	–	H	P
Al <sup>3+</sup>	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	M
Cr <sup>3+</sup>	H	P	M	P	P	P	–	–	P	–	–	H	P
Sn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	M	H	–	P	–	–	H	P
Mn <sup>2+</sup>	H	P	H	P	P	P	H	H	P	H	H	H	P

P – растворимо      M – малорастворимо (< 0,1 M)      H – нерастворимо (< 10<sup>-4</sup> M)      – - не существует или разлагается водой