

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Факультет физики

Лабораторная работа

«Кислотно-основное титрование. Гидролиз солей.  
Гидрокомплексы металлов и их свойства»

Работу выполнил студент 2 курса  
Никитин Илья Сергеевич



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Москва  
10 апреля 2021

## Содержание

<b>1. Опыт 1.1: Кислотно-основное титрование</b>	<b>2</b>
1.1. Метод выполнения работы . . . . .	2
1.2. Полученные данные . . . . .	3
1.3. Обработка полученных результатов . . . . .	3
1.3.1. Определение концентрации раствора щелочи . . . . .	3
1.4. Выводы . . . . .	4
<b>2. Опыт 1.3: Гидролиз солей</b>	<b>4</b>
2.1. Реактивы и оборудование . . . . .	4
2.2. Порядок выполнения опыта . . . . .	4
2.3. Уравнения реакций . . . . .	4
2.4. Влияние температуры на степень гидролиза . . . . .	6
2.5. Выводы . . . . .	6
<b>3. Опыт 1.4: Гидрокомплексы металлов и их свойства</b>	<b>6</b>
3.1. Реактивы и оборудование . . . . .	6
3.2. Порядок выполнения . . . . .	6
3.3. Уравнения реакций: . . . . .	7

## 1. Опыт 1.1: Кислотно-основное титрование

### 1.1. Метод выполнения работы

В ходе выполнения работы предполагалось провести титрование раствора соляной кислоты  $\text{HCl}$  раствором гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  с целью определения реальной концентрации раствора  $\text{NaOH}$ .

Для этого сперва была приготовлена навеска гидроксида натрия для получения 100 мл раствора предполагаемой концентрацией 0.1М. Для расчета массы воспользуемся определением молярной концентрации:

$$C_m = \frac{m}{MV} \Rightarrow m = C_m MV \quad (1)$$

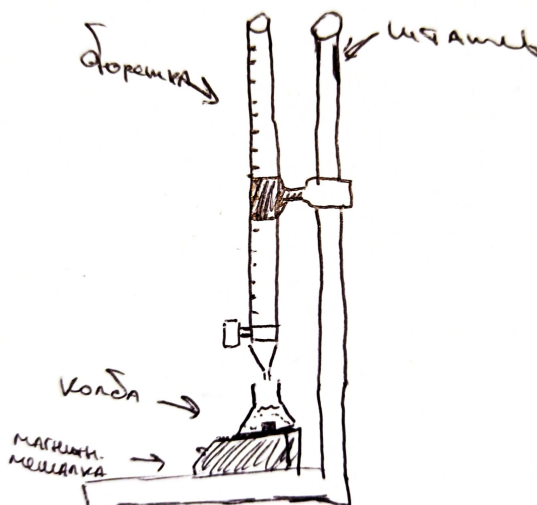
Здесь  $m$  — масса растворенного вещества,  $M$  — его молярная масса,  $V$  — объем. С учетом того, что 0.1М означает 0.1 моль/л, примем следующие значения:

- $M = 40$  г/моль
- $V = 0.1$  л (необходимый объем раствора)
- $C_m = 0.1\text{М}$

Таким образом, по формуле 1 получаем, что необходимая масса  $\text{NaOH}$  составляет  $m_t = 0.4$  г. Данная масса была отмерена с помощью аналитических весов.

Раствор  $\text{NaOH}$  был получен следующим образом: сперва в мерную колбу на 100 мл была помещена навеска  $\text{NaOH}$ , после чего к ней был добавлен небольшой объем воды (порядка 40 мл). Затем, после тщательного перемешивания, была долита оставшаяся вода до отметки 100 мл.

Небольшим объемом получившегося раствора щелочи была промыта бюретка, после чего она была заполнена до нулевой отметки этим же раствором.



После этого в колбу с широким горлом было отмерено 10 мл 0.1 М раствора соляной кислоты, а также небольшой (2-3 капли) объем фенолфталеина. Затем, постоянно перемешивая раствор с помощью магнитной мешалки, в него постепенно, по капле, вносился раствор щелочи до получения устойчивой светло-розовой окраски. Необходимый для этого объем раствора щелочи был записан для последующей обработки.

Последний этап был повторен 3 раза для получения более надежного результата.

## 1.2. Полученные данные

В результате серии экспериментов был получен следующий набор данных:

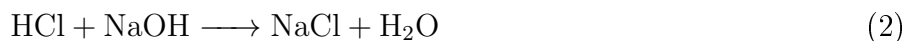
№	Объем раствора NaOH, мл
1	12.5
2	12
3	11.8

Таким образом, принимаем за необходимый объем среднее значение объема раствора и получаем  $V_{nec} \approx 12.1$  мл.

## 1.3. Обработка полученных результатов

### 1.3.1. Определение концентрации раствора щелочи

При добавлении к соляной кислоте в колбе щелочи происходит реакция нейтрализации, которая описывается следующей формулой:



Рассчитаем количество вещества HCl в исходном растворе соляной кислоты:

$$\nu_{\text{HCl}} = V C_{m\text{HCl}} = 0.01 \cdot 0.1 = 0.001 \text{ моль} \quad (3)$$

Согласно уравнению реакции 2, количество вещества NaOH должно быть таким же, т.е.:

$$\nu_{\text{NaOH}} = \nu_{\text{HCl}} = 0.001 \text{ моль} \quad (4)$$

Таким образом, реальная концентрация раствора, которую мы получаем с помощью метода титрования, оказывается равной:

$$C_{mr} = \frac{\nu_{\text{NaOH}}}{V_{nec}} = \frac{0.001}{0.0121} \approx 0.08 \text{ М} \quad (5)$$

В целом, полученная концентрация несколько отличается от той, которой мы пытались добиться.

## 1.4. Выводы

- 1) Неточность в результатах может быть связана с тем, что неизвестно при каком pH индикатор меняет окраску (а в расчете предполагается что при  $\text{pH} = 7$ ). Кроме того, погрешность может быть связана с неточностями с массой NaOH и своевременным прекращением подачи его раствора.
- 2) Различие в результатах, возникающее при использовании разных индикаторов можно объяснить различием в значениях pH, при которых индикатор меняет свой цвет.
- 3) Помимо указанных причин отличий эксперимента от ожидаемых теоретических результатов, возможным фактором отличия является также несовершенство метода хранения NaOH, который на воздухе быстро поглощает водяной пар и углекислый газ, из-за чего мы получаем реактив с примесями.

## 2. Опыт 1.3: Гидролиз солей

### 2.1. Реактивы и оборудование

- Сухие соли:  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$
- Спиртовка
- Пробирки
- Шпатель для реактивов
- Стеклянная палочка

### 2.2. Порядок выполнения опыта

В 8 пробирок были добавлены по одному микрошпателю указанных сухих солей, после чего они были разбавлены одинаковым небольшим количеством дистиллированной воды. Все растворы были тщательно перемешаны стеклянной палочкой. Затем показания pH снимались лакмусовой бумагой.

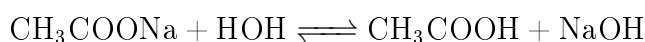
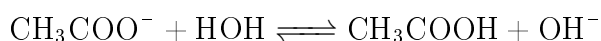
В результате были получены следующие значения для pH:

В-во	$\text{CH}_3\text{COONa}$	$\text{NaHCO}_3$	$\text{MnSO}_4$	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	$\text{NaCl}$	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	$\text{ZnCl}_2$	$\text{NH}_4\text{Cl}$
pH	7-8	8-9	5-6	8-9	7	9-10	3-4	5-6

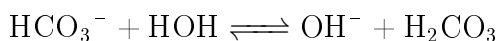
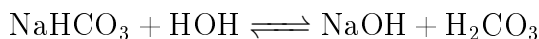
Соли, образованные сильным основанием и сильной кислотой не подвергаются гидролизу. Из исследованных солей не подвергается гидролизу только  $\text{NaCl}$ .

### 2.3. Уравнения реакций

- $\text{CH}_3\text{COONa}$  — гидролиз по аниону:

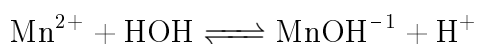
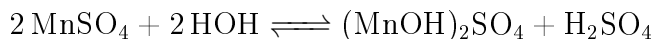


- $\text{NaHCO}_3$  — гидролиз по аниону:

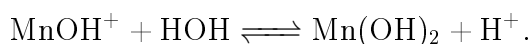
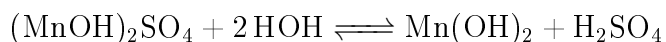


- $2 \text{MnSO}_4$  — гидролиз по катиону:

**1 ступень**

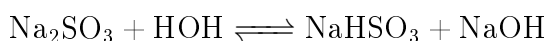
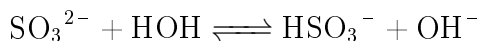


**2 ступень**

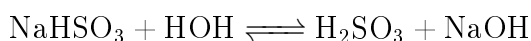
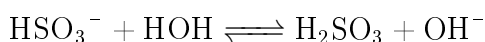


- $\text{Na}_2\text{SO}_3$  — гидролиз по аниону:

**1 ступень**

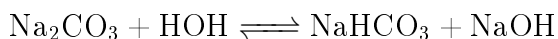
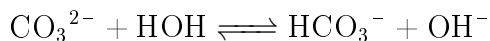


**2 ступень**

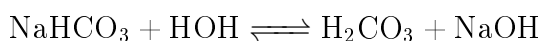
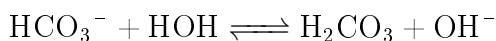


- $\text{Na}_2\text{CO}_3$  — гидролиз по аниону:

**1 ступень**



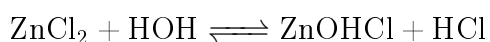
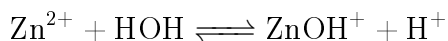
**2 ступень**



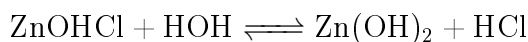
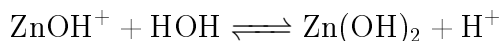
- $\text{NaCl}$  — гидролиз не идет.

- $\text{ZnCl}_2$  — гидролиз по катиону:

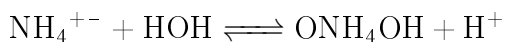
**1 ступень**



**2 ступень**

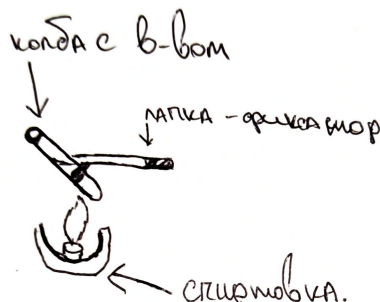


- $\text{NH}_4\text{Cl}$  — гидролиз по катиону:



Отличие pH растворов карбоната и гидрокарбоната натрия объясняется тем, что у карбоната натрия гидролиз идет в 2 степени, в то время как у гидрокарбоната натрия в одну

## 2.4. Влияние температуры на степень гидролиза



- При добавлении фенолфталеина раствор ацетата натрия остался бесцветным
- При нагревании раствор становился все более розовым
- При охлаждении раствор вновь обесцвечивался

Изменение окраски говорит об изменении pH раствора при температурном воздействии.

## 2.5. Выводы

pH раствора может зависеть от:

- температуры раствора
- компонентов соли
- количества ступеней в процессе гидролиза

## 3. Опыт 1.4: Гидрокомплексы металлов и их свойства

### 3.1. Реактивы и оборудование

- Растворы:  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$
- Пробирки

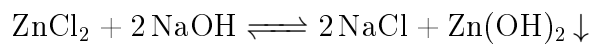
### 3.2. Порядок выполнения

В пробирки были внесены растворы солей. Далее, для исследования осадка добавлялось несколько капель щелочи. Затем, было исследовано растворение осадка в избытке щелочи

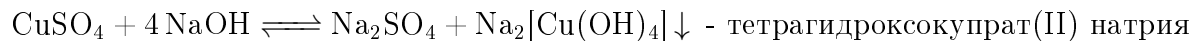
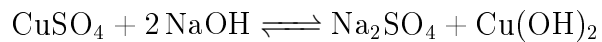
Было получено, что во всех заданных растворах при добавлении раствора  $\text{NaOH}$  выпадает осадок. Кроме того, в растворе  $\text{ZnCl}_2$  осадок растворился в избытке щелочи.

### 3.3. Уравнения реакций:

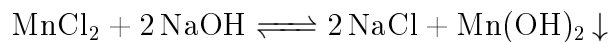
- $\text{ZnCl}_2$ :



- $\text{CuSO}_4$ :



- $\text{MnCl}_2$ :



$\text{Zn}(\text{OH})_2$  — Амфотерный гидроксид  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  — Основной гидроксид  $\text{Mn}(\text{OH})_2$  — Основной гидроксид