

## *Оглавление*

<b><i>Задания экспериментального тура .....</i></b>	<b><i>4</i></b>
Девятый класс.....	4
Десятый класс.....	8
Одиннадцатый класс .....	11
<b><i>Решения экспериментального тура .....</i></b>	<b><i>15</i></b>
Девятый класс (Авторы: Попова Н.Р., Ивахнов А.Д., Хабаров Ю.Г.).....	15
Десятый класс (Авторы: Попова Н.Р., Ивахнов А.Д., Хабаров Ю.Г.).....	17
Одиннадцатый класс (Авторы: Попова Н.Р., Ивахнов А.Д., Хабаров Ю.Г.)..	20

## **Задания экспериментального тура**

### **Девятый класс**

#### **Определение общей жесткости, содержания ионов кальция и магния в природных водах**

Одной из важных характеристик природных вод, во многом определяющих возможности их использования человеком, является жесткость воды. Она определяется концентрациями эквивалентов ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  и измеряется в моль/л. Под эквивалентом понимают условную или реальную частицу, замещающую при протекании реакции (кислотно-основное взаимодействие, ионный обмен, образование комплекса) 1 атом водорода. Например,  $1/2\text{Ca}^{2+}$ ,  $1/2\text{Mg}^{2+}$  - это эквиваленты кальция и магния, их молярные массы равны 20.04 и 12.15 г/моль соответственно.

По величине общей жесткости природные воды принято классифицировать на группы (Таблица 1).

Таблица 1. Классификация природных вод по величине общей жесткости

Общая жесткость, моль/м <sup>3</sup>	Группа воды
< 1.5	Очень мягкая
1.5-3.0	Мягкая
3.0-5.4	Средней жесткости
5.4-10.7	Жесткая
>10.7	Очень жесткая

**Сущность метода определения общей жесткости, содержания ионов кальция и магния в природных водах.** В основе определения общей жесткости и содержания ионов кальция лежит комплексометрическое титрование анализируемой воды раствором трилона Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, условно обозначаемая как  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ ). Точку эквивалентности определяют с помощью металлоиндикаторов, которые представляют собой органические вещества, образующие с ионами металла соединения, окраска которых отличается от окраски самого индикатора. В случае определения общей жесткости в качестве металлоиндикатора используется эриохром черный Т, в случае определения содержания ионов

кальция – мурексид. Соединение металлоиндикатора с ионом металла менее прочное, чем соединение металла с трилоном Б, в процессе титрования металлоиндикатор высвобождается из соединения и окрашивает раствор в другой цвет. Содержание ионов магния определяется по разности общей жесткости и содержания ионов кальция.

**Задание.** Ознакомьтесь с методиками определения. Используя имеющееся оборудование и реактивы, определите общую жесткость и содержание ионов кальция и магния (ммоль/л) в анализируемой воде. По величине общей жесткости отнесите анализируемую природную воду к одной из групп (табл.1).

**Ответьте на теоретические вопросы:**

1. Что такое общая, карбонатная, некарбонатная жесткости?
2. Определите значения общей, карбонатной, некарбонатной жесткостей в воде реки Северная Двина в осеннюю межень (табл.2). К какой группе вод по величине общей жесткости следует отнести воды Северной Двины?

Таблица 2.

Ионы	Содержание, ммоль/л
Катионы:	
Na <sup>+</sup>	0.56
Mg <sup>2+</sup>	0.92
Ca <sup>2+</sup>	2.10
Анионы	
Cl <sup>-</sup>	1.42
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1.54
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2.10

3. Почему при определении содержания кальция в присутствии магния в колбу для титрования добавляют 2М NaOH (см. методику)?
4. Объясните присутствие коэффициента «2» в формуле для вычисления общей жесткости и коэффициента «1/2» в формуле для вычисления содержания ионов магния.

5. Какую массу соды  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , необходимо добавить к 10 л воды, чтобы устранить жесткость, обусловленную содержанием ионов кальция и магния с концентрацией 60 мг/л и 30 мг/л соответственно?

**Оборудование:** бюретка на 25 мл, шпатель, мерные пипетки на 2, 5, 100 мл, груша, колба Эрленмейера на 250 мл, воронка для бюретки, промывалка с дистиллированной водой, стакан для слива.

**Реактивы:** 0.05 М (точной концентрации) раствор трилона Б; аммиачный буферный раствор (рН = 10); 2 М раствор гидроксида натрия, металлоиндикаторы: эриохром черный Т (растертый с хлоридом натрия), мурексид (растертый с хлоридом натрия).

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

*Определение общей жесткости. В коническую колбу объемом 250 мл отбирают мерной пипеткой 100 мл анализируемой воды. Затем с помощью мерной пипетки к анализируемой воде добавляют 5 мл аммиачного буферного раствора и на кончике шпателя эриохром черный Т до получения вишнево-красного окрашивания. После чего титруют 0.05 М раствором трилона Б до появления синего окрашивания. Титрование повторяют до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0.1 мл. Эти результаты усредняют.*

*Общую жесткость воды (X, ммоль/л) рассчитывают по формуле:*

$$X = \frac{2 \cdot V_{\text{трБ}} \cdot C_{\text{трБ}} \cdot 1000}{V_{\text{пр}}}$$

где  $V_{\text{трБ}}$  – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, мл;

$C_{\text{трБ}}$  – концентрация трилона Б, моль/л;

$V_{\text{пр}}$  – объем воды, взятый на определение, мл.

### **Определение содержания ионов кальция.**

*В коническую колбу объемом 250 мл отбирают мерной пипеткой 100 мл анализируемой воды. Затем с помощью мерной пипетки к анализируемой воде добавляют 2 мл 2 М раствора NaOH и на кончике шпателя мурексид до получения красного окрашивания. После чего титруют 0.05 М раствором*

трилона Б до появления фиолетового окрашивания. Титрование повторяют до достижения трех результатов, отличающихся не более чем на 0.1 мл. Эти результаты усредняют.

Содержание кальция ( $Y$ , ммоль/л) рассчитывают по формуле:

$$Y = \frac{V_{\text{трБ}} \cdot C_{\text{трБ}} \cdot 1000}{V_{\text{пр}}}$$

где  $V_{\text{трБ}}$  – объем раствора трилона Б, израсходованный на титрование, мл;

$C_{\text{трБ}}$  – концентрация трилона Б, моль/л;

$V_{\text{пр}}$  – объем воды, взятый на определение, мл.

### **Определение содержания ионов магния.**

Содержание ионов магния ( $Z$ , ммоль/л) вычисляют по разности между общей жесткостью и содержанием ионов кальция по следующей формуле:

$$Z = 1/2 \cdot X - Y$$

## *Десятый класс*

### **Определение показателей технологического раствора, применяемого для отбели сульфатной целлюлозы**

Получаемая при сульфатцеллюлозном способе целлюлоза обладает невысокой белизной и повышенным содержанием лигнинных веществ. Для придания ей необходимых товарных свойств, проводится отбелка. Основным раствором, используемым в отбелке, является щелочной раствор гипохлорита натрия.

Раствор гипохлорита натрия контролируется по показателям общей щёлочности и содержанию активного хлора. Важнейшей характеристикой гипохлорита является содержание в нем активного хлора. По этому показателю дозируют реагенты на отбелку, а также контролируют процесс отбелки.

Как правило, раствор гипохлорита, используемый в отбелке, содержит 25 – 40 г/л активного хлора при общей щёлочности 2 – 5 г  $\text{Na}_2\text{O}$ /л.

**Сущность метода определения показателей гипохлорита натрия.** К измеренному объему раствора гипохлорита натрия добавляют избыток иодида калия и соляной кислоты, после чего титрованием тиосульфатом натрия с использованием крахмала в роли индикатора определяют содержание активного хлора. Результат анализа выражают в г  $\text{Cl}_2$ /л.

Для определения общей щёлочности к пробе гипохлорита натрия добавляют избыток тиосульфата натрия, после чего оттитровывают пробу соляной кислотой в присутствии фенолфталеина. Результат определения общей щёлочности выражают в г  $\text{Na}_2\text{O}$ /л.

**Задание.** Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, определите показатели содержания активного хлора и общей щёлочности (в единицах г  $\text{Na}_2\text{O}$ /л) в выданном растворе гипохлорита натрия.

По полученным результатам определите среднее значение концентрации.

### **Ответьте на теоретические вопросы:**

1. К какому типу титрования относится титрование при определении активного хлора? Напишите уравнения химических реакций протекающих при данном определении.
2. Напишите уравнения полной электролитической диссоциации компонентов щелочного раствора гипохлорита натрия.
3. Каков рН раствора гипохлорита натрия при содержании  $\text{Na}_2\text{O}$  3.1 г/л? Ответ пояснить расчётом.
4. Чем обусловлено изменение цвета индикаторов при определении активного хлора и общей щёлочности?
5. Напишите уравнения химических реакций протекающих при определении общей щёлочности в щелочном растворе гипохлорита натрия.
6. К какому виду титрования относится титрование при определении щелочности раствора гипохлорита?

**Реактивы:** 0.1 н HCl (точной концентрации), 0.1 н  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (точной концентрации), фенолфталеин 0.1 % спиртовой раствор, 10 %-ный раствор KI, 5 %-ный раствор HCl, 1 %-ный раствор крахмала.

**Оборудование:** бюретка на 25 мл с воронкой, пипетки на 2, 5 и 10 мл, мерный цилиндр на 50 мл, колба Эрленмейера на 250 мл, капельницы Шустера для индикаторов.

### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ

**Определение активного хлора.** В коническую колбу на 250 мл наливают 50 мл дистиллированной воды и в нее с помощью пипетки на 2 мл приливают 1 мл анализируемого раствора гипохлорита. Добавляют пипеткой 10 мл 10 %-ного раствора иодида калия и пипеткой на 5 мл – 2 мл 5 %-ного раствора соляной кислоты. Выделившийся иод титруют без интенсивного перемешивания из бюретки 0.1 н раствором тиосульфата натрия до слабо-желтой окраски раствора. Затем приливают 2 – 3 капли 1 %-ного раствора крахмала и продолжают титрование при перемешивании 0.1 н раствором

$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , прибавляя его по каплям до обесцвечивания раствора.

Анализ повторяют до достижения 3-х результатов, отличающихся не более чем на 0.1 мл. Эти результаты усредняют.

**Определение общей щёлочности.** В коническую колбу ёмкостью 250 мл отбирают пипеткой (чистой! сполоснуть после предыдущего анализа) 5 мл анализируемого раствора гипохлорита натрия и добавляют к нему 0.1 н раствор  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  в количестве, соответствующем пятикратному объёму (в мл), идущему на определение содержания активного хлора в 1 мл гипохлорита по методике, описанной ранее. Добавляют 4 капли фенолфталеина и оттитровывают 0.1 н соляной кислотой до обесцвечивания.

Анализ повторяют до достижения 3-х результатов, отличающихся не более чем на 0.1 мл. Эти результаты усредняют.



## Одиннадцатый класс

Окраска веществ и их растворов обусловлена поглощением части проходящего через них светового излучения в определенном диапазоне длин волн. Чем больше концентрация поглощающего вещества, тем меньше интенсивность проходящего через раствор излучения с данной длиной волны. Значит, измеряя интенсивность прошедшего излучения, можно сделать вывод о содержании вещества. На этом принципе основан метод химического анализа, называемый спектрофотометрия. Математически связь интенсивности излучения с концентрацией поглощающего вещества в растворе описывается законом Бугера–Ламберта–Бера:  $-\lg(I/I_0) = klc$ ; где  $I$  – интенсивность прошедшего через раствор излучения с данной длиной волны,  $I_0$  – интенсивность падающего излучения,  $k$  – коэффициент поглощения вещества, зависящий от природы вещества, растворителя и некоторых других факторов,  $l$  – длина пути излучения в растворе,  $c$  – концентрация вещества. Аналитические приборы, используемые в этом методе (фотометры) вычисляют и выдают в виде результата величину  $-\lg(I/I_0) = A$ , которую называют оптической плотностью. Таким образом, оптическая плотность линейно связана с концентрацией поглощающего вещества в растворе.

### Определение содержания примеси салициловой кислоты в аспирине

Дан раствор препарата аспирина с примесью салициловой кислоты, общее содержание (мг/л) этих соединений в растворе известно. Используя имеющиеся на столе реактивы и оборудование, с помощью фотометрического метода определите концентрацию в растворе и рассчитайте массовую долю салициловой кислоты в препарате.

### Ответьте на следующие вопросы:

1. Приведите структурные формулы салициловой (2-гидроксibenзойной) кислоты и аспирина (ацетилсалициловой кислоты). К каким классам соединений можно отнести салициловую кислоту и аспирин?

2. В результате какого превращения происходит изменение окраски реакционной смеси при добавлении раствора соли Fe(III)? Приведите

уравнение реакции. Почему эту реакцию можно использовать для определения салициловой кислоты в присутствии аспирина?

3. Приведите реакции получения салициловой кислоты из фенолята натрия, *o*-аминобензойной кислоты, салицилового альдегида.

### **Оборудование:**

1. Фотометр (1 шт.), кювета с толщиной рабочего слоя 2 см (1 шт.).
2. Пробирка стеклянная мерная со шлифом П-2-25-14/23 (объем 25 мл) с пробкой (11 шт.).
3. Градуированная пипетка на 2 мл (2 шт.).
4. Штатив для 11 пробирок (1 шт.).
5. Груша (1 шт.).
6. Песочные часы на 2 мин (1 шт.).
7. Нарезанная фильтровальная бумага.
8. Промывалка с дистиллированной водой (1 шт.).
9. Бумага миллиметровая.
10. Линейка.

### **Реактивы:**

1. Раствор соли железа(III) известной концентрации ( $C_{\text{Fe(III)}}$ , моль/л) стандартный спиртовой раствор салициловой кислоты известной концентрации ( $C_{\text{ст}}$ , мг/л) для построения калибровочного (градуировочного) графика.

2. Анализируемый раствор – спиртовой раствор аспирина и салициловой кислоты неизвестной концентрации салициловой кислоты, которую необходимо определить. Общая массовая концентрация смеси салициловой кислоты и аспирина задана.

### **Построение калибровочного (градуировочного) графика.**

В 8 мерных пробирок пипетками вносят по 2 мл раствора соли железа(III) и с интервалом в 2 мин – известные объемы ( $V_i = 0.25; 0.5; 0.75; 1.0; 1.25; 1.5; 1.75; 2.0$  мл) стандартного раствора салициловой кислоты, доводя объем раствора в каждой пробирке дистиллированной водой до метки

25 мл и перемешивая. Через 20 мин в кювету наливают раствор из 1-й пробирки и измеряют оптическую плотность на фотометре при длине волны 525 нм. С интервалом в 2 мин фотометрируют растворы из остальных пробирок и записывают оптическую плотность каждого раствора. (Инструкция по работе на фотометре прилагается).

С учетом разбавления концентрацию салициловой кислоты ( $C_i$ , мг/л) в фотометрируемых растворах вычисляют по формуле:

$$C_i = C_{ст} V_i / 25$$

где  $V_i$  – объем стандартного раствора салициловой кислоты, мл;

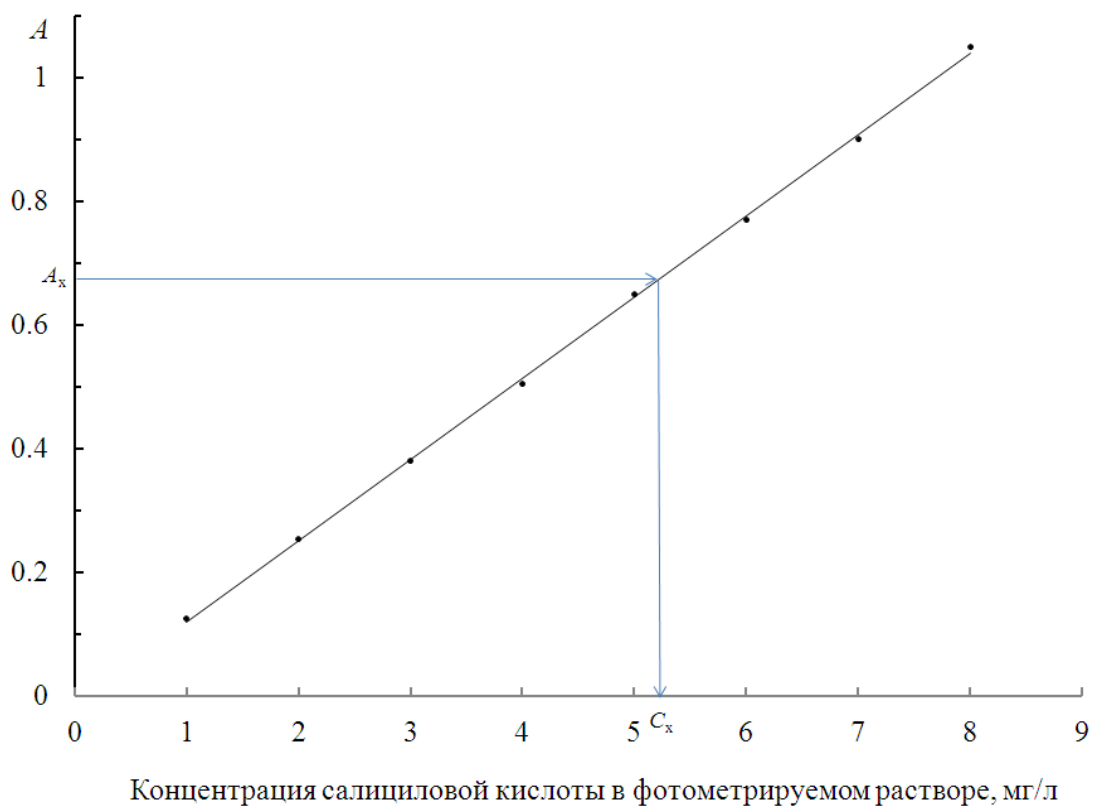
$C_{ст}$  – концентрация стандартного раствора салициловой кислоты, мг/л;

25 – объем раствора, мл.

По измеренным значениям оптической плотности при 525 нм строят график зависимости оптической плотности при 525 нм от концентрации салициловой кислоты ( $C_i$ , мг/л) в фотометрируемом растворе. Экспериментальные точки аппроксимируют прямой.

**Определение салициловой кислоты в анализируемом растворе с неизвестной концентрацией.** В мерную пробирку пипетками вносят 2 мл раствора соли железа(III) и аликвоту ( $V_x$ , мл) анализируемого раствора аспирина и салициловой кислоты, объем раствора доводят до метки дистиллированной водой и тщательно перемешивают. Через 20 мин раствор фотометрируют при 525 нм. В том случае, если измеренное значение оптической плотности анализируемого раствора выходит за рекомендуемые пределы, указанные в Инструкции по работе на фотометре, анализ проводят с другим объемом аликвоты ( $V_x$ , мл) анализируемого раствора. Анализ проводят дважды.

Содержание салициловой кислоты ( $C_x$ , мг/л) в фотометрируемом растворе определяют по калибровочному (градуировочному) графику и пересчитывают на содержание салициловой кислоты в анализируемом растворе ( $C_{ск}$ , мг/л) с учетом объема аликвоты  $V_x$ :



По полученным результатам двух параллельных определений вычисляют среднее значение концентрации салициловой кислоты (мг/л).

## *Решения экспериментального тура*

### *Девятый класс*

*(Авторы: Попова Н.Р., Ивахнов А.Д., Хабаров Ю.Г.)*

#### Ответы на теоретические вопросы

1. *Общая жесткость* определяется суммарным содержанием эквивалентов ионов кальция и магния в воде.

Под *карбонатной жесткостью* воды понимается количество эквивалентов ионов кальция и магния, связанных с гидрокарбонат-ионами.

*Некарбонатная жесткость* воды определяется как разность значений общей и карбонатной жесткости.

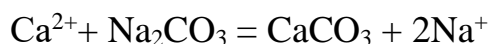
2.  $\text{Общая жесткость} = 2 \cdot (C(\text{Ca}^{2+}) + C(\text{Mg}^{2+})) = 6.04 \text{ ммоль/л};$   
 $\text{карбонатная жесткость} = C(\text{HCO}_3^-) = 2.10 \text{ ммоль/л};$  некарбонатная жесткость = общая жесткость – карбонатная жесткость = 3.94 ммоль/л.  
Вода Северной Двины является жесткой.

3. Определение содержания кальция на фоне магния проводят в присутствии NaOH, так как в этих условиях образуется плохо растворимый  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , который в связи с этим не участвует в реакциях с индикатором и трилоном Б, что позволяет определить содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$  в присутствии ионов  $\text{Mg}^{2+}$ .

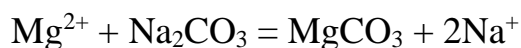
4. Присутствие коэффициента «2» в формуле для вычисления общей жесткости и коэффициента «1/2» в формуле для вычисления содержания ионов магния объясняется тем, что жесткость принято выражать в моль/л эквивалентов ионов кальция и магния, концентрация которых в 2 раза больше содержания самих ионов (это можно понять хотя бы из приведенных в условии молярных масс эквивалентов; при заданной массе каждого элемента количество его эквивалента, имеющего в 2 раза меньшую молярную массу, будет в 2 раза больше количества самого элемента).

5. Найдем массу каждого элемента, содержащуюся в 10 л воды. Она равна 600 мг (0.6 г) для кальция и 300 мг (0.3 г) для магния. Запишем

уравнения взаимодействия солей этих элементов с карбонатом натрия и по пропорции найдем требуемую массу  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  для устранения ионов кальция ( $X_1$ ) и магния ( $X_2$ ):



$$X_1 = \frac{m_{\text{Ca}} \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Ca}}} = \frac{0.6 \cdot 106}{40} = 1.59 \text{ г}$$



$$X_2 = \frac{m_{\text{Mg}} \cdot M_{\text{Na}_2\text{CO}_3}}{M_{\text{Mg}}} = \frac{0.3 \cdot 106}{24.3} = 1.31 \text{ г}$$

$$X = X_1 + X_2 = 2.90 \text{ г}$$

### Система оценивания

Экспериментальная работа участника оценивается, исходя из относительной погрешности ( $\Delta x/x_{\text{ист}}$ , %) определения общей жесткости, концентраций кальция и магния в выданном растворе, где  $x_{\text{ист}}$  – истинное значение жесткости, истинная концентрация кальция, истинная концентрация магния в выданном растворе;  $\Delta x$  – разница между величиной, полученной участником, и истинным значением.

$\Delta x/x_{\text{ист}}$ , %	Баллы		
	Значение жесткости	Содержание кальция	Содержание магния
$\leq 5$	20	20	20
5-7	18	18	18
7-10	16	16	16
10-15	14	14	14
15-30	12	12	12
$>30$	10	10	10

### Баллы за ответы на вопросы:

1. Определение каждого вида жесткости – по 1 баллу	3
2. Расчет каждого вида жесткости – по 1 баллу Ответ на вопрос о жесткости Северной Двины – 1 балл	4
3. Указание на образование гидроксида магния	4
4. Объяснение присутствия коэффициентов «2» и «1/2»	4
5. Расчет массы соды	5
<b>Максимальная сумма баллов</b>	<b>80</b>

## Десятый класс

(Авторы: Попова Н.Р., Ивахнов А.Д., Хабаров Ю.Г.)

### Расчётные формулы:

$$X_{\text{акт Cl}} = V \cdot 0.00355 \cdot 1000 \text{ г/л},$$

где  $V$  - объем 0.1 н раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , израсходованного на титрование, мл;  
0.00355 — масса активного хлора, соответствующая 1 мл 0.1 н раствора  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , г.

$$X_{\text{Na}_2\text{O}} = \frac{V \cdot 0.0031 \cdot 1000}{5} \text{ г/л},$$

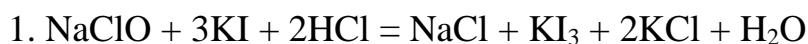
где  $V$  - объем 0.1 н раствора соляной кислоты, израсходованного на титрование, мл;

0.0031 — масса  $\text{Na}_2\text{O}$ , соответствующая 1 мл 0.1 н раствора соляной кислоты, г;

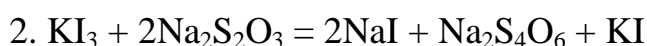
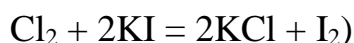
5 – объем аликвоты, мл.

### Ответы на теоретические вопросы

1. Титрование относится к окислительно-восстановительному.



(допускается указание  $\text{I}_2$  вместо  $\text{KI}_3$ , а также написание упрощенного уравнения:



(допускается указание  $\text{I}_2$  вместо  $\text{KI}_3$ )

2. Уравнения полной электролитической диссоциации компонентов щелочного раствора гипохлорита натрия:



3. Содержание гидроксида натрия при содержании  $\text{Na}_2\text{O}$  3.1 г/л соответствует концентрации гидроксида натрия 1 моль/л согласно реакции



Будучи сильным основанием, гидроксид натрия диссоциирует нацело и концентрация гидроксид-иона составит 0.1 моль/л,  $\text{pOH} = 1$ , а

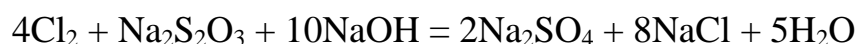
pH = 14 - pOH = 13.

4. Изменение цвета кислотно-основного индикатора (фенолфталеин) при изменении pH обусловлено смещением равновесия диссоциации индикатора.

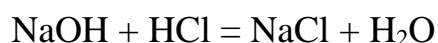
Крахмал является индикатором, специфически реагирующим с йодом. При взаимодействии крахмала с йодом окраска обусловлена смещением равновесия в сторону образования комплекса крахмала с йодом.

5. Уравнения химических реакций протекающих при определении общей щёлочности в щелочном растворе гипохлорита натрия.

При определении общей щёлочности в щелочном растворе гипохлорита натрия при нейтрализации хлора протекают следующие процессы:



При титровании щелочи протекает следующий процесс:



6. Титрование при определении содержания щелочности раствора гипохлорита относится к кислотно-основному.

### **Система оценивания.**

#### ***Теоретические вопросы***

<b>1.</b>	Ответ на вопрос о типе титрования – 1 балл Уравнения реакций – 2 реакции по 1 баллу	3 балла
<b>2.</b>	Уравнения электролитической диссоциации – по 1.5 балла	3 балла
<b>3.</b>	Расчет pH	3 балла
<b>4.</b>	Обоснования изменения цвета индикаторов – по 1.5 балла	3 балла
<b>5.</b>	Любая из двух реакций с тиосульфатом – 2 балла Реакция нейтрализации – 1 балл	3 балла
<b>6.</b>	Указание вида титрования при определении щелочности	3 балла
	<b>ИТОГО:</b>	<b>18 баллов</b>

*неполный ответ оценивается в 2 раза меньшим числом баллов*



### *Экспериментальная работа*

Оценка выполнения определения активного хлора и общей щелочности на основании относительной погрешности (по сравнению с истинным значением) определения  $\Delta X/X_{\text{ист}}$ , согласно таблице:

$\Delta X/X_{\text{ист}}$ , %	Балл	$\Delta X/X_{\text{ист}}$ , %	Балл
0 – 2	<b>30</b>	0 – 2	<b>30</b>
2.1 – 5	25	2.1 – 5	25
5.1 – 10	20	5.1 – 10	20
10.1 – 15	15	10.1 – 15	15
более 15	10	более 15	10

*+ 2 балла за отсутствие нарушений ТБ*

#### *Максимальные баллы*

Теоретические вопросы	<b>18</b>
Экспериментальная работа	<b>62</b>
<b>ИТОГО:</b>	<b>80</b>

## Одиннадцатый класс

(Авторы: Попова Н.Р., Ивахнов А.Д., Хабаров Ю.Г.)

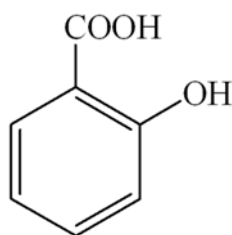
### Расчет содержания салициловой кислоты в препарате

Массовая доля (процентное содержание) салициловой кислоты в препарате ( $S_{ск}$ , %) вычисляют по результату определения концентрации салициловой кислоты ( $C_{ск}$ , мг/л) и известной общей концентрации салициловой кислоты и аспирина ( $C_{общ}$ , мг/л) в анализируемом растворе:

$$S_{ск} = C_{ск} / C_{общ} \cdot 100 \%$$

### Ответы на теоретические вопросы

1. Салициловая кислота и аспирин являются ароматическими соединениями и карбоновыми кислотами. Салициловая кислота относится к фенольным соединениям (класс гидроксibenзойных кислот), а аспирин – сложным эфирам.

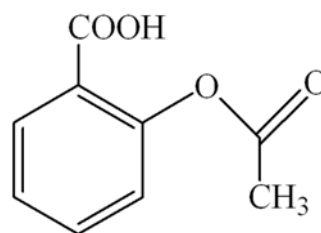


салициловая кислота,  
o-гидроксibenзойная  
кислота

ароматическое соединение

карбоновая кислота

гидроксикислота



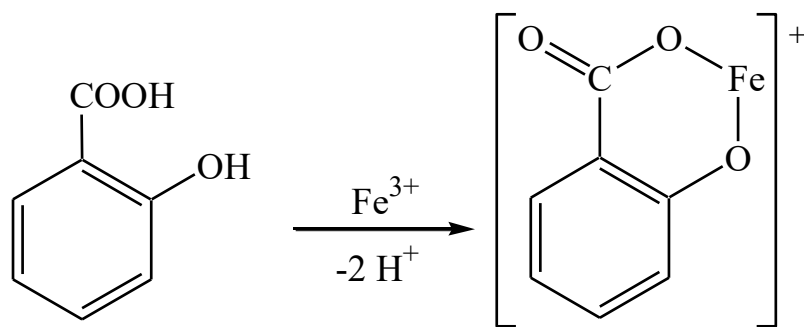
аспирин,  
ацетилсалициловая кислота,  
2-ацетоксибензойная кислота

ароматическое соединение

карбоновая кислота

сложный эфир

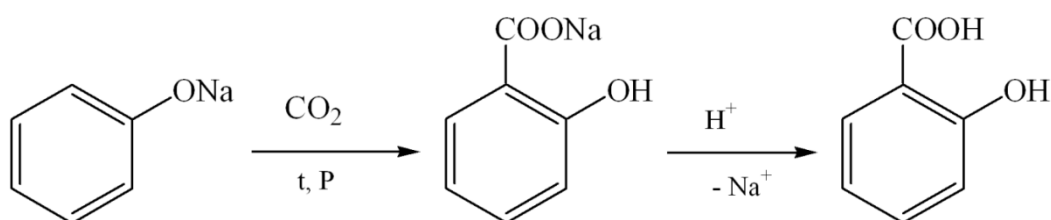
2. Изменение окраски при добавлении раствора соли железа(III) связано с тем, что салициловая кислота образует с катионом железа(III) окрашенные хелатные комплексы с участием карбоксильной и фенольной гидроксильной групп. Аспирин таких окрашенных продуктов не образует, так как не содержит свободной гидроксигруппы.



Состав окрашенных комплексов в зависимости от условий может быть 1:1; 1:2; 1:3.

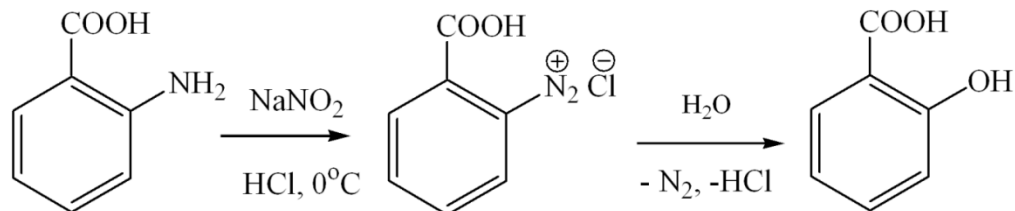
3. Салициловую кислоту можно синтезировать различными способами:

- карбоксилированием фенолята натрия



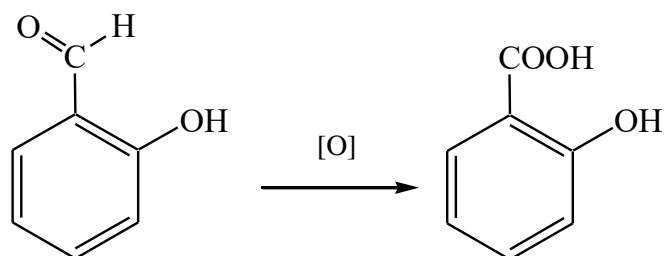
салицилат натрия

- диазотированием *o*-аминобензойной кислоты



2-карбоксофенилдиазоний  
хлорид

- окисление салицилового альдегида слабыми окислителями



**Система оценивания:****Экспериментальная работа**

Диапазон расхождений экспериментальных результатов от заданного значения массовой доли салициловой кислоты в препарате (в %)	БАЛЛЫ
$\pm 5$	55
$\pm 7$	50
$\pm 9$	45
$\pm 11$	40
$\pm 13$	35
$\pm 15$	30
$\pm 17$	25
$\pm 19$	20
$\pm 21$	18
$\pm 23$	16
$\pm 25$	14
$\pm 27$	12
$> 27$	10

<b>Баллы за оформление</b>	<b>5</b>
<b>Баллы за навыки работы</b>	<b>2</b>
<b>Баллы за ответы на теоретические вопросы</b>	
1. Структурные формулы – по 2 балла	<b>6</b>
Любое правильное отнесение к классу соединений – по 1 балла	
2. Уравнение реакции – 4 балла	<b>6</b>
Объяснение возможности использования данной реакции для определения салициловой кислоты в присутствии аспирина – 2 балла	
3. Уравнения реакций получения салициловой кислоты – по 2 балла	<b>6</b>
<b>ИТОГО:</b>	<b>80</b>