

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 31.12.2020 13:36:44

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb1755d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## **МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)**

Кафедра фундаментальной химии и химической технологии



## **ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ КОНЦЕНТРАЦИИ**

Методические указания для лабораторной работы  
по дисциплине «Общая и неорганическая химия»  
для студентов направления подготовки  
18.03.01 (240100.62) «Химическая технология»

**КУРСК 2015**

УДК 543

Составитель: О.В. Бурькина, Ф.Ф. Ниязи

Рецензент

кандидат химических наук, доцент Н.В. Кувардин

**Приготовление растворов и определение их концентрации:** методические указания по дисциплине "Общая и неорганическая химия" / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.В. Бурькина, Ф.Ф. Ниязи Курск, 2015, 22с.:. Библиогр.: 15с.

Излагаются методические указания по выполнению лабораторных работ по темам «Приготовление растворов» и «Определение молярной массы эквивалента неизвестной кислоты» курса «Общая и неорганическая химия». Рассматриваются основные виды выражения концентрации растворов, разные виды приготовления растворов и установление их точной концентрации. Приведены методики выполнения лабораторных работ и правила оформления результатов.

Методические указания предназначены для студентов 1 курса дневного отделения направления подготовки 18.03.01 (240100.62) «Химическая технология», изучающих дисциплину «Общая и неорганическая химия» согласно рабочего учебного плана направления подготовки 18.03.01 (240100.62) «Химическая технология».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Форма 60x84 1/16.

Усл. печ. л.    Уч.-изд.л.    Тираж 30 экз. Заказ.    Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Концентрация и способы её выражения.....	4
2. Способы приготовления растворов.....	6
3. Установление точной концентрации растворов.....	10
Лабораторная работа №1 «Приготовление растворов».....	11
Лабораторная работа №2 «Определение молярной массы эквивалента неизвестной кислоты».....	14
Библиографический список.....	15
Приложение 1	
Плотности и концентрации некоторых неорганических веществ.....	16

## ВВЕДЕНИЕ

**Растворы** – это продукты физического или химического взаимодействия растворителя и растворенного вещества, при котором растворенное вещество диспергируется до молекул или ионов.

Раствор состоит из растворителя и растворенного вещества.

**Растворитель** – компонент раствора, концентрация которого обычно выше, чем других компонентов и который не меняет в процессе растворения своего агрегатного состояния.

В зависимости от фазового состояния растворителя растворы бывают газообразными (воздух), твердыми (сплавы) и жидкими (сахарный сироп).

Важнейшая характеристика, определяющая свойства растворов, является концентрация раствора. Существует много способов выражения одной и той же величины – концентрации.

### 1. КОНЦЕНТРАЦИЯ И СПОСОБЫ ЕЁ ВЫРАЖЕНИЯ

**Концентрацией** называется величина, показывающая, сколько растворенного вещества в определенных единицах содержится в определенном количестве раствора или растворителя.

В химическом практикуме в основном используются следующие способы численного выражения состава растворов: молярная, моляльная, нормальная, процентная концентрации, титр.

**Массовая доля или процентная концентрация (%)** – показывает число грамм растворенного вещества, содержащееся в 100 граммах раствора.

$$\omega = \frac{m_{\text{раств. в-ва}} \cdot 100\%}{m_{\text{р-ра}}},$$

где  $\omega$  – процентная концентрация (%),

$m_{\text{раств. в-ва}}$  – масса растворенного вещества (г),

$m_{\text{р-ра}}$  – масса раствора (г).

**Молярная концентрация (молярность) (моль/л)** – выражается числом молей растворенного вещества в 1 литре раствора.

$$C_m = m/V \cdot M$$

где  $C_m$  – молярная концентрация (молярность) (моль/л);

$m$  – масса растворенного вещества (г);

$V$  – объём раствора(л);

$M$  – молярная масса растворенного вещества (г/моль).

**Нормальная концентрация (нормальность) (моль-экв/л)** – выражается числом моль - эквивалентов растворенного вещества в 1 литре раствора.

$$C_n = m / V \cdot M_3$$

где  $C_n$  – нормальная концентрация (нормальность) моль-экв/л;

$m$  – масса растворенного вещества (г);

$V$  – объём раствора (л);

$M_3$  - молярная масса эквивалента (г/моль).

**Моляльная концентрация (моль/кг)** – показывает количество растворенного вещества, приходящееся на 1000 г растворителя

$$C_m = m / M \cdot m_{p-ля},$$

где  $C_m$  – моляльная концентрация (моль/кг);

$m$  - масса растворенного вещества (г);

$m_{p-ля}$  – масса растворителя (кг);

$M$  – молярная масса растворенного вещества (г/моль).

**Титр (г/мл)** – показывает число грамм растворенного вещества, содержащееся в 1 мл раствора.

$$T = m / V,$$

где  $T$ -титр (г/мл);

$m$  - масса растворенного вещества (г);

$V$  – объём раствора (л).

Все виды концентраций взаимосвязаны, поэтому зная плотность раствора и одну из концентраций можно произвести расчет других видов концентраций.

Формулы для пересчета концентраций растворов

Способ выражения концентрации		$C_m$	$C_n$	$\omega$
Название	Обозначение и единицы измерения			
Молярная (молярность)	$C_m$ , моль/л	$C_m$	$\frac{C_p \cdot M_3}{M}$	$\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M}$
Нормальная (нормальность)	$C_n$ , моль/л	$\frac{C_m \cdot M}{M_3}$	$C_n$	$\frac{10 \cdot \rho \cdot \omega}{M_3}$
Процентная	$\omega$ , %(масс.)	$\frac{C_m \cdot M}{10 \cdot \rho}$	$\frac{C_n \cdot M_3}{10 \cdot \rho}$	$\omega$

## 2 СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРОВ

Для приготовления жидких растворов используют следующие методы:

- растворение кристаллического вещества;
- разбавление концентрированного раствора;
- из фиксонала;
- смешивание растворов разных концентраций;
- последовательное разбавление.

### **1) растворение кристаллического вещества**

Для приготовления раствора из кристаллического вещества необходимо первоначально рассчитать количество растворенного вещества для приготовления раствора необходимой концентрации. Затем взвесить рассчитанное количество реактива на аналитических весах, поместить его в мерную колбу нужного объема и довести раствор до метки.

***Например,*** необходимо приготовить 200мл 3М раствор соды. Рассчитаем массу соды, необходимую для приготовления 200мл 3М:

$$C_m = m/V \cdot M,$$

следовательно,  $m = C_m \cdot V \cdot M = 3 \cdot 0,2 \cdot 106 = 63,6$ г.

Значит, на часовом стекле на аналитических весах взвешивают 63,6000 г соды, помещают навеску соды в мерную колбу на 200 мл. Прилипшие к часовому стеклу частицы соды, смывают в колбу дистиллированной водой, затем доводят объем раствора до метки на колбе дистиллированной водой. Раствор тщательно перемешивают: для этого закрывают отверстие колбы пробкой и колбу переворачивают 5-6 раз. При необходимости концентрацию приготовленного раствора можно уточнить или титрованием или с помощью ареометра.

### **2) разбавление концентрированного раствора**

Приготовление разбавленного раствора из концентрированного сопровождается всеми теми же этапами, что и в первом случае: первый - определение объема концентрированного раствора, необходимого для приготовления раствора с заданной концентрацией, второй – разбавление раствора.

В расчетах объема более концентрированного раствора необходимо учесть его концентрацию и плотность. Если неизвестна концентрация раствора, то ареометром измеряют плотность раствора, а за-

тем, зная плотность раствора вещества по справочнику определяют концентрацию имеющегося раствора.

**Например**, необходимо приготовить 500 мл 0,1н. раствора соляной кислоты из 30,14% -ного раствора с  $\rho = 1,15 \text{ г/мл}$ . Кислота будет использоваться для кислотно-основного титрования.

Рассчитаем сколько чистой HCl будет содержаться в 500 мл 0,1н.:  $C_n = m / V \cdot M_3$ . HCl в кислотно-основных реакциях может замещать только один ион  $\text{H}^+$ , поэтому  $f_3=1$  и  $M_3=M=36,5 \text{ г/моль}$ .

Следовательно,  $m = C_n \cdot V \cdot M_3 = 0,1 \cdot 0,5 \cdot 36,5 = 1,825 \text{ г}$ .

Поскольку исходный раствор не является чистой HCl, а имеет концентрацию 30,14%, то рассчитаем массу этого раствора, который содержит необходимое нам количество HCl.

Т.к. раствора 30,14%, то

30,14 г HCl – 100 г раствора

1,825г HCl – X г раствора

X= 6,06 г.

Поскольку взвешивать жидкость неудобно, рассчитываем объем этого количества 30,14%-ного раствора:

$$V = m / \rho = 6,06 / 1,15 = 5,26 \text{ мл} \approx 5,3 \text{ мл}.$$

Мерной пробиркой отбирают 5,3 мл 30,14%-ного раствора, помещают в мерную колбу на 500 мл и разбавляют водой до метки. Раствор тщательно перемешивают. Далее концентрацию уточняют титрованием.

### 3) приготовление из фиксанала

**Фиксанал** – это запаянная стеклянная ампула, в которой содержится строго определенное количество твердого или жидкого растворенного вещества.

Для приготовления раствора из фиксанала необходимо:

- По надписи на ампуле определить объем колбы, который необходимо взять для приготовления раствора заданной концентрации.

**Например**, на фиксанале с HCl написано 0,1г-экв/л. Значит, если содержимое фиксанала развести на 1 л, то получим 0,1н. раствор HCl, если на 100мл, то 1н. раствор.

-Выбрать мерную колбу нужного объема, в горлышко вставить воронку. В воронку вставит боек, который прилагается к упаковке фиксаналов. Резким ударом о боек разбить дно фиксанала, а вторым бойком разбить верх. Дать слиться или высыпаться содержимому

фиксанала в колбу. Чтобы избежать потери растворенного вещества, оставшегося в фиксанале, через образовавшиеся отверстия промывают фиксанал 3-4 раза по 10 мл, только после этого стеклянная ампула выбрасывается.

-Содержимое колбы тщательно перемешивается, затем разводится дистиллированной водой до метки. Мерную колбу закрывают притертой пробкой. Для тщательного перемешивания раствора мерную колбу переворачивают на  $180^{\circ}$  5-6 раз, давая раствору при каждом повороте полностью слиться вниз. Уточнение концентрации раствора приготовленного из фиксанала не требуется.

#### 4) смешивание растворов разных концентраций

Приготовить раствор промежуточной концентрации можно смешиванием двух растворов с большей и меньшей концентрацией, чемготавливаемый. В этом случае необходимо рассчитать объемы двух смешиваемых растворов, т.е. узнать в каких соотношениях их нужно смешать.

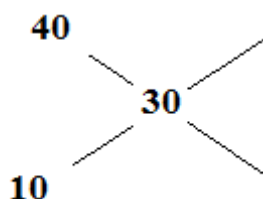
Для расчета соотношений при смешивании существует два способа: правило креста и решение системы уравнений.

Например, рассчитайте объемы 10% и 40%-ного раствора КОН, необходимые для приготовления 100 мл 30%-ного раствора

##### Первый способ

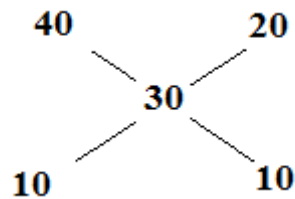
Составляем схематический крест:

- в левом верхнем углу креста записываем концентрацию более концентрированного раствора, из смешиваемых растворов;
- в левом нижнем углу креста записываем концентрацию менее концентрированного раствора, из смешиваемых растворов;
- в центре креста записывается концентрацияготавливаемого раствора

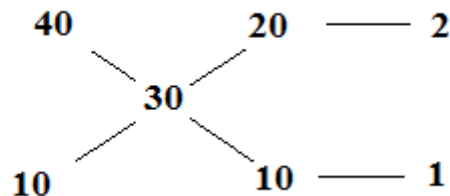


Далее, идя по диагонали креста, вычитаем из большего меньшее значение концентрации и получаем массовые (не объемные!!!) соотношения.





Полученные числа можно сократить:



Массовые соотношения показывают, что для приготовления 30% -ного раствора надо взять 2 части 40%-ного раствора и 1 часть 10 процентного раствора, т.е. смешать имеющиеся растворы в массовом соотношении 2:1.

Далее, чтобы перейти к расчету объемов необходимо узнать плотности растворов, как имеющихся, так и приготавливаемых. Из справочных данных видно, что  $\rho_{30\%}=1,286\text{г/мл}$ ;  $\rho_{40\%}=1,411\text{г/мл}$ ;  $\rho_{10\%}=1,082\text{г/мл}$ .

Т.к. правило креста показывает массовые соотношения, то переведем объем приготавливаемого 30%-ного раствора КОН в массу:

$$m=V\cdot\rho=100\cdot1,286=128,6\text{г.}$$

Следовательно, нам необходимо приготовить 128,6 г 30%-ного раствора КОН. Эта масса составляет 3 части (2+1), тогда составляя пропорции можно определить массы 40 и 10%-ного растворов:

128,6г	-	3 части		128,6г	-	3 части
X г	-	2 части		У г	-	1 часть
X=85,73г				У=42,87г		

Значит, для приготовления заданного раствора необходимо смешать 85,73г 40%-ного и 42,87 10%-ного растворов.

Учитывая плотности 10 и 40%-ного растворов рассчитаем объемы, необходимые для приготовления 100мл 30%-ного раствора.

$$V_{40\%}=85,73/1,411=60,8\text{мл}$$

$$V_{10\%}=42,87/1,082=39,6\text{ мл.}$$

Отмеряют вычисленные объемы исходных растворов и сливают в стаканчик.

### Второй способ

Пусть  $X$  мл – объем 40%-ного, а  $Y$  мл – объем 10%-ного раствора КОН.

Т.к. необходимо приготовить 100 мл 30%-ного раствора, то:

$$X+Y=100$$

Масса растворенного вещества в смешиваемых и приготавливаемом растворах одинакова, значит:

$$X \cdot 1,411 \cdot 0,4 + Y \cdot 1,082 \cdot 0,1 = 100 \cdot 0,3 \cdot 1,286.$$

Решаем систему уравнений:

$$X+Y=100$$

$$X \cdot 1,411 \cdot 0,4 + Y \cdot 1,082 \cdot 0,1 = 100 \cdot 0,3 \cdot 1,286.$$

$$X = 60,85 \text{ мл}$$

$$Y = 39,15 \text{ мл}$$

### 5) последовательное разбавление

Метод используют, когда нужно приготовить серию растворов. Для этого каждый предыдущий (более концентрированный) раствор разбавляют в необходимое число раз.

**Например,** необходимо приготовить серию растворов  $KNO_3$  с концентрациями 0,1М; 0,05М; 0,01М; взяв в качестве исходного раствора 1М раствор  $KNO_3$ .

Для приготовления 0,1 М раствора исходный раствор нужно разбавить в 10 раз. Мерной пипеткой отберем 100мл 1М раствора и поместим его в мерную колбу на 1л. Доводим объем раствора до метки дистиллированной водой и тщательно перемешаем.

Для приготовления 0,05М раствора 0,1М раствор нужно разбавить в 2 раза. В мерную колбу на 1л помещаем 500мл 0,1М раствора, объем доводим до метки дистиллированной водой и перемешиваем.

Для приготовления 0,01М раствора 0,05М раствор нужно разбавить в 5 раз. В мерную колбу на 1 л помещаем 200мл 0,05М раствора, разбавляем водой до метки и перемешиваем.

## 3 УСТАНОВЛЕНИЕ ТОЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

Точную концентрацию приготовленного раствора можно определить титрованием.

**Титрование** – это постепенное добавление одного реагента (титранта) к определяемому веществу.

Зная концентрации растворов, применяемых при проведении титрования, можно вычислить в каких объёмных отношениях должны быть смешаны эти растворы, чтобы растворенные в них

вещества реагировали без остатка. Эти вычисления особенно упрощаются, если пользоваться растворами определенной нормальности.

Для расчета объёмов растворов используют **закон эквивалентов для растворов.**

*При одинаковой нормальности растворов объёмы этих растворов всегда будут равны между собой, при различных объёмы обратно пропорциональны нормальностям.*

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2 \text{ или } V_1 : V_2 = N_2 : N_1 ,$$

где  $N_1$  – нормальная концентрация первого вещества,

$V_1$  – объём первого вещества (мл),

$N_2$  – нормальная концентрация второго вещества,

$V_2$  – объём второго вещества (мл).

Т.к. весовые количества реагирующих веществ пропорциональны их эквивалентам, то очевидно, что для реакций всегда нужно брать такие объёмы растворов, которые содержали бы одинаковое число моль - эквивалентов растворенного вещества.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «ПРИГОТОВЛЕНИЕ РАСТВОРОВ»**

### ***Опыт 1 Приготовление раствора из сухого вещества***

Приготовить раствор NaCl:

Вариант	1	2	3	4
Масса раствора	100г	250г	150г	200г
Концентрация	4%	12%	8%	6%

Рассчитайте массы соли и воды, необходимые для приготовления раствора с заданной концентрацией. Результаты расчетов должны быть представлены в отчете по лабораторной работе.

На часовом стекле взвесьте рассчитанную массу вещества, поместите её в стакан, необходимого объема. Добавьте рассчитанное количество воды и тщательно перемешайте.

Для определения значения концентрации приготовленного раствора поместите его в мерный цилиндр на 100 мл, заполнив его жидкостью на 70%. По приложению 1 определить плотность раствора заданной концентрации. Выберите ареометр, в шкалу которого попада-

ет значение плотности заданного раствора. Опустите ареометр в цилиндр с приготовленным раствором и определите значение плотности раствора. С помощью приложения 1 определите какой концентрации соответствует измеренная Вами плотность раствора. Рассчитайте погрешность приготовления. Результаты проведенного опыта занесите в таблицу:

Заданный раствор		Приготавливаемый раствор				Погрешность	
$\omega, \%$	$\rho, \text{ г/мл}$	$\omega, \%$	$m_{\text{NaCl}}, \text{ Г}$	$m_{\text{воды}}, \text{ Г}$	$\rho, \text{ г/мл}$	абсолютная	относительная

### ***Опыт 2 Приготовление раствора разбавлением***

Приготовить раствор серной кислоты

Вариант	1	2	3	4
Объем раствора	200мл	250мл	250мл	200мл
Концентрация	1М	0,5н	1н	0,1м

Налить имеющуюся в лаборатории серную кислоту в стеклянный цилиндр и определить её плотность с помощью ареометра. По приложению 1 определить концентрацию имеющегося раствора кислоты.

Рассчитать, какой объем этой кислоты нужно взять для приготовления заданного Вам раствора (расчеты должны быть представлены в отчете). Отмерить этот объем цилиндром или мерной пробиркой.

В мерную колбу необходимого объема примерно на  $\frac{1}{4}$  её объема налить дистиллированную воду. Перемешивая жидкость круговым движением колбы, понемногу через воронку перелить в неё всю отмеренную кислоту. Ополоснуть воронку водой, вынуть её, дождаться охлаждения колбы до комнатной температуры. Затем добавляя воду, довести уровень жидкости в колбе до метки по нижнему мениску. Последние порции воды добавлять пипеткой. Плотно закрыть колбу пробкой, перемешать несколько раз полученный раствор, перевертывая колбу вверх дном.

Для определения уточнения концентрации приготовленного раствора проводят титрование.

В бюретку налить 0,1н. раствор щелочи, проверить заполнен ли

носик бюретки титрантом (если в носике присутствует воздух, то его необходимо от туда убрать), вывести уровень щелочи в бюретке на ноль. Мерной пипеткой на 10мл отберите раствор приготовленной кислоты и перенесите его в коническую колбу. Добавьте 1-2 капли фенолфталеина.

Оттитруйте раствор кислоты. Для этого при непрерывном перемешивании раствора кислоты приливайте в него по каплям раствор щелочи из бюретки до появления слабой розовой не исчезающей окраски. Титрование повторите. Результаты не должны отличаться более чем на 0,1 мл.

Рассчитать средний объем щелочи, пошедший на титрование. Затем, по закону эквивалентов для растворов  $C_{H1} \cdot V_1 = C_{H2} \cdot V_2$  рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов и при необходимости пересчитайте в молярность. Определите погрешность приготовления раствора. Результаты измерений занесите в таблицу.

Заданный раствор		Приготавливаемый раствор			Погрешность	
Концентрация	V, мл	V <sub>к-ты</sub> для приготовления, мл	V <sub>щ ср.</sub> , мл	Концентрация	абсолютная	относительная

### ***Опыт 3 Приготовление раствора смешиванием***

Имея в своем распоряжении 30%-ный и 5%-ный растворы гидроксида натрия (калия) приготовить 10%-ный раствор.

Вариант	1	2	3	4
Объем раствора	200мл	250мл	250мл	200мл

По приложению 1 определить плотности 30%-ного, 10%-ного и 5%-ного растворов гидроксида натрия (калия). Рассчитать объемы исходных 30%-ного и 5%-ного растворов гидроксида натрия (калия) двумя способами. Результаты расчетов должны быть представлены в отчете. Результаты расчетов не должны отличаться более чем на 0,1 мл.

Отмерить вычисленные объемы исходных растворов, слить в емкость необходимого объема и тщательно перемешать. Отлить часть приготовленного раствора в цилиндр, измерить ареометром плотность и по приложению определить концентрацию. Рассчитать погрешность приготовления раствора. Результаты измерений запи-

сать в таблицу.

Заданный раствор	Приготавливаемый раствор				Погрешность		
	V, мл	V <sub>30%</sub> , мл	V <sub>10%</sub> , мл	ρ, г/мл	Концентрация	абсолютная	относительная

В конце отчета записывается общий вывод по лабораторной работе.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ЭКВИВАЛЕНТА КИСЛОТЫ»

Необходимо определить молярную массу эквивалента кислоты на основании результатов реакции нейтрализации, которую проводят методом титрования. Неизвестной кислотой может быть HCl, HNO<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>COOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

В бюретку налейте раствор щелочи известной нормальной концентрации и приведите бюретку в рабочее положение. Для этого заливаем раствор титранта в бюретку выше нуля. Заполняем носик бюретки жидкостью и выводим уровень жидкости на нулевую отметку.

Пипеткой отберите раствор неизвестной кислоты с указанным титром и перенесите его в коническую колбу. Добавьте 1-2 капли фенолфталеина.

Оттитруйте раствор кислоты. Для этого при непрерывном перемешивании раствора кислоты приливайте в него по каплям раствор щелочи из бюретки до появления слабой розовой не исчезающей окраски. Титрование повторите. Результаты не должны отличаться более чем на 0,1 мл. Запишите результаты титрования.

По закону эквивалентов для растворов

$$C_{H_1} \cdot V_1 = C_{H_2} \cdot V_2$$

рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов раствора кислоты  $C_{H_1}$ , а затем молярную массу ее эквивалента  $M_{Э_1}$  из формулы:

$$C_H = \frac{T \cdot 1000}{M_3}$$

Сравнивая экспериментально найденную молярную массу эквивалентов металла с теоретическим значением молярной массы эквивалентов кислоты ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{HNO}_3$ ), определите, какая кислота выдана вам для опыта и погрешность определения. Запишите уравнение реакции взаимодействия этой кислоты с использованной вами щелочью. Запишите в отчет по лабораторной работе следующие данные:

титр предложенной вам кислоты,  $T_1$ , г/мл;

нормальность раствора щелочи,  $C_{\text{н}2}$ ;

объем раствора кислоты  $V_1$ , мл

объем раствора щелочи  $V_2$ , пошедший на титрование, мл;

расчет нормальной концентрации кислоты  $C_{\text{н}1}$ , моль/л;

расчет молярной массы эквивалентов кислоты  $M_{\text{Э}1}$ , г/моль;

ошибки опыта: а) абсолютную,  $\delta_{\text{абс.}}$ , г; б) относительную,  $\delta_{\text{отн}}$ , %.

Абсолютная ошибка опыта рассчитывается как абсолютная величина разности между экспериментально найденным и теоретическим значениями молярной массы эквивалента кислоты. Относительная ошибка опыта рассчитывается как отношение абсолютной ошибки к теоретическому значению, выраженное в процентах.

В конце отчета записывается вывод, например, «Определяемая кислота соляная, погрешность определения составила 1%».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Н.С. Ахметов Общая и неорганическая химия, 4-е изд. испр. - М.: Высш. шк., 2001-730с.
- 2 Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии, М.: Химия, 2005.-240с
- 3 Задачи и упражнения по общей химии. Под редакцией Н.В. Коровина, М.: Высш. шк., 2004.-254.
4. Коровин Н.В., Мингулина Э.И., Рыжова Н.Г. Лабораторные работы по химии. -М.: Высшая школа, 2004.-250с

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

*Плотности и концентрации некоторых неорганических веществ*  
**Растворы серной кислоты**

Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация		Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация	
	% масс.	моль/л		% масс.	моль/л
1,000	0,2609	0,0266	1,160	22,67	2,681
1,005	0,9855	0,1010	1,170	23,95	2,857
1,010	1,731	0,1783	1,175	24,58	2,945
1,015	2,485	0,2595	1,185	25,84	3,122
1,020	3,242	0,3372	1,190	26,47	3,211
1,025	4,000	0,4180	1,195	27,10	3,302
1,030	4,746	0,4983	1,200	27,72	3,391
1,035	5,493	0,5796	1,220	30,18	3,754
1,040	6,237	0,6613	1,225	30,79	3,846
1,045	6,956	0,7411	1,230	31,40	3,938
1,050	7,704	0,8250	1,235	32,01	4,031
1,055	8,415	0,9054	1,240	32,61	4,123
1,060	9,129	0,9865	1,250	33,82	4,310
1,065	9,843	1,066	1,255	34,42	4,404
1,070	10,56	1,152	1,260	35,01	4,498
1,075	11,26	1,235	1,265	35,60	4,592
1,080	11,96	1,317	1,270	30,19	4,686
1,085	12,66	1,401	1,275	36,78	4,781
1,090	13,36	1,484	1,280	37,36	4,876
1,095	14,04	1,567	1,285	37,95	4,972
1,100	14,73	1,652	1,290	38,53	5,068
1,105	15,41	1,735	1,295	39,10	5,163
1,110	16,08	1,820	1,305	40,25	5,356
1,115	16,76	1,905	1,310	40,82	5,452
1,120	17,43	1,990	1,315	41,39	5,549
1,125	18,09	2,075	1,320	41,95	5,646
1,130	18,76	2,161	1,330	43,07	5,840
1,135	19,42	2,247	1,335	43,62	5,938
1,145	20,73	2,420	1,345	44,72	6,132
1,150	21,38	2,507	1,350	45,26	6,229
1,155	22,03	2,594	1,355	45,80	6,327



Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация		Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация	
	% масс.	моль/л		% масс.	моль/л
1,360	46,33	6,424	1,545	64,26	10,12
1,380	48,45	6,817	1,550	64,71	10,23
1,385	48,97	6,915	1,555	65,15	10,33
1,390	49,48	7,012	1,565	66,03	10,54
1,395	19,50	7,110	1,570	66,47	10,64
1,400	50,01	7,208	1,575	66,91	10,74
1,410	51,86	7,406	1,580	67,35	10,85
1,415	52,02	7,505	1,585	67,79	10,96
1,420	52,51	7,603	1,590	68,23	11,06
1,425	53,01	7,702	1,595	68,66	11,16
1,430	53,50	7801	1,600	69,09	11,27
1,435	54,00	7,901	1,605	69,53	11,38
1,440	54,49	8,000	1,610	69,96	11,48
1,445	54,97	8,099	1,615	70,39	11,59
1,450	55,45	8,198	1,620	70,82	11,70
1,455	55,93	8,297	1,625	71,25	11,80
1,460	56,41	8,397	1,630	71,67	11,91
1,465	56,89	8,497	1,635	72,09	12,02
1,470	57,36	8,598	1,640	72,52	12,13
1,475	57,84	8,699	1,645	72,95	12,24
1,480	58,31	8,799	1,655	73,80	12,45
1,490	59,24	9,000	1,660	74,22	12,56
1,495	59,70	9,100	1,665	74,64	12,67
1,500	60,17	9,202	1,670	75,07	12,78
1,505	50,62	9,303	1,675	75,49	12,89
1,510	61,08	9,404	1,680	75,92	13,00
1,515	61,54	9,506	1,685	76,34	13,12
1,520	62,00	9,608	1,690	76,77	13,23
1,525	62,45	9,711	1,695	77,20	13,34
1,530	62,91	9,813	1,700	77,63	13,46
1,535	63,36	9,916	1,705	78,06	13,57
1,540	63,81	10,02	1,710	78,49	13,69
1,715	78,93	13,80	1,810	89,23	16,47
1,720	79,37	13,92	1,815	90,12	16,68

Плотность при 20 <sup>0</sup> С г/см <sup>3</sup>	Концентрация H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		Плотность при 20 <sup>0</sup> С г/см <sup>3</sup>	Концентрация H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	% по массе	моль/л		% по массе	моль/л
1,730	80,25	14,16	1,820	91,11	16,91
1,735	80,70	14,28	1,821	91,33	16,96
1,740	81,16	14,40	1,822	91,56	17,01
1,745	81,62	14,52	1,823	91,78	17,06
1,750	82,09	14,65	1,824	92,00	17,11
1,755	82,57	14,78	1,825	92,25	17,17
1,760	83,06	14,90	1,826	92,51	17,22
1,765	83,57	15,04	1,827	92,77	17,28
1,770	84,08	15,17	1,828	93,03	17,34
1,775	84,61	15,31	1,829	93,33	17,40
1,780	85,16	15,46	1,830	93,94	17,47
1,785	85,74	15,61	1,831	93,94	17,54
1,790	86,35	15,76	1,832	94,32	17,62
1,795	86,99	15,92	1,833	94,72	17,70
1,800	87,69	16,09	1,834	95,12	17,79
1,805	88,43	16,27	1,835	95,70	17,92

### Растворов гидроксида калия

Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация		Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация	
	% масс.	моль/л		% мас.	моль/л
1,000	0,197	0,0351	1,160	17,29	3,58
1,005	0,743	0,133	1,165	17,81	3,70
1,010	1,29	0,233	1,170	18,32	3,82
1,015	1,84	0,333	1,175	18,84	3,94
1,020	2,38	0,433	1,180	19,35	4,07
1,025	2,93	0,536	1,185	19,86	4,19
1,030	3,48	0,639	1,190	20,37	4,32
1,035	4,03	0,744	1,195	20,88	4,45
1,040	4,58	0,848	1,200	21,38	4,57
1,045	5,12	0,954	1,205	21,88	4,70
1,050	5,66	1,06	1,210	22,38	4,83

Плотность при 20° С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация		Плотность при 20° С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация	
	% масс.	моль/л		% масс.	моль/л
1,055	6,20	1,17	1,215	22,88	4,95
1,060	6,74	1,27	1,220	23,38	5,08
1,065	7,28	1,38	1,225	23,87	5,21
1,070	7,82	1,49	1,230	24,37	5,34
1,075	8,36	1,60	1,235	24,86	5,47
1,080	8,89	1,71	1,240	25,36	5,60
1,085	9,43	1,82	1,245	25,85	5,74
1,090	9,96	1,94	1,250	26,34	5,87
1,095	10,49	2,05	1,255	26,83	6,00
1,100	11,03	2,16	1,260	27,32	6,13
1,105	11,56	2,28	1,265	27,80	6,27
1,110	12,08	2,39	1,270	28,29	6,40
1,115	12,61	2,51	1,275	28,77	6,54
1,120	13,14	2,62	1,280	29,25	6,67
1,125	13,66	2,74	1,285	29,73	6,81
1,130	14,19	2,86	1,290	30,21	6,95
1,135	14,70	2,97	1,295	30,68	7,08
1,140	15,22	3,09	1,300	31,15	7,22
1,145	15,74	3,21	1,305	31,62	7,36
1,150	16,26	3,33	1,310	32,09	7,49
1,155	16,78	3,45	1,315	32,56	7,63
1,325	33,50	7,91	1,435	43,48	11,12
1,330	33,97	8,05	1,440	43,92	11,28
1,335	34,43	8,19	1,445	44,36	11,42
1,340	24,90	8,33	1,450	44,79	11,58
1,345	35,36	8,48	1,455	45,23	11,73
1,350	35,82	8,62	1,460	45,66	11,88
1,355	36,28	8,76	1,465	46,09	12,04
1,360	36,73	8,90	1,470	46,53	12,19
1,365	37,19	9,05	1,475	46,96	12,35
1,370	37,65	9,19	1,480	47,39	12,50
1,375	38,10	9,34	1,485	47,82	12,66
1,380	38,56	9,48	1,490	48,25	12,82
1,385	39,01	9,63	1,495	48,67	12,97

Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация		Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация	
	% масс.	моль/л		% масс.	моль/л
1,390	39,46	9,78	1,500	49,10	13,13
1,395	39,92	9,93	1,505	49,53	13,29
1,400	40,37	10,07	1,510	49,95	13,45
1,405	40,82	10,22	1,515	50,38	13,60
1,410	41,26	10,37	1,520	50,80	13,76
1,415	41,71	10,52	1,525	51,22	13,92
1,420	42,15	10,67	1,530	51,64	14,08
1,425	42,60	10,82	1,535	52,05	14,24

### Гидроксида натрия

Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация		Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация	
	% масс.	моль/л		% масс.	моль/л
1,000	0,159	0,0398	1,025	2,39	0,611
1,005	0,602	0,151	1,030	2,84	0,731
1,010	1,040	0,264	1,035	3,29	0,851
1,015	1,490	0,378	1,040	3,74	0,971
1,020	1,940	0,494	1,045	4,20	1,097
1,050	4,65	1,222	1,210	19,16	5,796
1,055	5,11	1,347	1,215	19,62	5,958
1,060	5,56	1,474	1,220	20,07	6,122
1,065	6,02	1,602	1,225	20,53	6,286
1,070	6,47	1,731	1,230	20,98	6,451
1,075	6,93	1,862	1,235	21,44	6,619
1,080	7,38	1,992	1,240	21,90	6,788
1,085	7,83	2,123	1,245	22,36	6,958
1,090	8,28	2,257	1,250	22,82	7,129
1,095	8,74	2,391	1,255	23,27	7,302
1,100	9,19	2,527	1,260	23,73	7,475
1,105	9,64	2,664	1,265	24,19	7,650
1,110	10,10	2,802	1,270	24,64	7,824
1,115	10,55	2,942	1,275	25,10	8,000
1,120	11,01	3,082	1,280	25,56	8,178
1,125	11,46	3,224	1,285	26,02	8,357

Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация		Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>	Концентрация	
	% масс.	моль/л		% масс.	моль/л
1,130	11,92	3,367	1,290	26,48	8,539
1,135	12,37	3,510	1,295	26,94	8,722
1,140	12,83	3,655	1,300	27,41	8,906
1,145	13,28	3,801	1,305	27,87	9,092
1,150	13,73	3,947	1,310	28,33	9,278
1,155	14,18	4,095	1,315	28,80	9,466
1,160	14,64	4,244	1,320	29,26	9,656
1,165	15,09	4,395	1,325	29,73	9,847
1,170	15,54	4,545	1,330	30,20	10,04
1,175	15,99	4,697	1,335	30,67	10,23
1,180	16,44	4,850	1,340	31,14	10,43
1,185	16,89	5,004	1,345	31,62	10,63
1,190	17,34	5,160	1,350	32,10	10,83
1,195	17,80	5,317	1,355	32,58	11,03
1,200	18,25	5,476	1,360	33,06	11,24
1,205	18,71	5,636	1,365	33,54	11,45
1,370	34,03	11,65	1,455	42,59	15,49
1,375	34,52	11,86	1,460	43,12	15,74
1,380	35,01	12,08	1,465	43,64	15,98
1,385	35,50	12,29	1,470	44,17	16,23
1,390	36,00	12,51	1,475	44,69	16,48
1,395	36,49	12,73	1,480	45,22	16,73
1,400	36,99	12,95	1,485	45,75	16,98
1,405	37,49	13,17	1,490	46,27	17,23
1,410	37,99	13,39	1,495	46,80	17,49
1,415	38,49	13,61	1,500	47,33	17,75
1,420	38,99	13,84	1,505	47,85	18,00
1,425	39,49	14,07	1,510	48,38	18,26
1,430	40,00	14,30	1,515	48,90	18,52
1,435	40,51	14,53	1,520	49,44	18,78
1,440	41,03	14,77	1,525	49,97	19,05
1,445	41,55	15,01	1,530	50,50	19,31
1,450	42,07	15,25			

**Растворов некоторых солей**

% по массе	Плотность при 20 <sup>0</sup> С, г/см <sup>3</sup>					
	NaCl	KCl	NH <sub>4</sub> Cl	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1	1,007	1,005	1,001	1,004	1,009	1,007
2	1,014	1,011	1,004	1,010	1,019	1,016
3	1,022	1,017	1,008	1,016	1,029	1,026
4	1,029	1,024	1,011	1,022	1,040	1,035
5	1,036	1,030	1,014	1,028	1,050	1,044
6	1,044	1,037	1,017	1,034	1,061	1,053
7	1,051	1,043	1,020	1,040	1,072	1,063
8	1,058	1,050	1,023	1,046	1,083	1,072
9	1,065	1,056	1,026	1,051	1,094	1,082
10	1,073	1,063	1,029	1,057	1,105	1,091
11	1,081	1,070	1,031	1,063	1,117	1,101
12	1,089	1,077	1,034	1,069	1,129	1,111
13	1,096	1,083	1,037	1,075	1,140	1,121
14	1,104	1,090	1,040	1,081	1,152	1,131
16	1,119	1,104	1,046	1,092	1,176	1,141
18	1,135	1,113	1,051	1,104	1,201	
19	1,143	1,126	1,054	1,109	1,213	
20	1,151	1,133	1,057	1,115	1,226	
21	1,159	1,140	1,059	1,121	1,239	
22			1,062	1,127	1,252	



