

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.11.2023 03:15:07

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb1755d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## **МИНОБР НАУКИ РОССИИ**

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

Кафедра химии

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор-

проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.А. Кудряшов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2013 г.

## **КОНЦЕНТРАЦИЯ РАСТВОРОВ И СПОСОБЫ ЕЁ ВЫРАЖЕНИЯ**

Методические указания для самостоятельной работы и  
к лабораторному практикуму по дисциплине «Химия»  
и «Общая и неорганическая химия»  
для студентов химического и нехимического профиля

Курск 2013

УДК 543

Составитель О.В. Бурькина

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *И.В. Савенкова*

**Концентрация растворов и способы её выражения:** методические указания к самостоятельной работе по дисциплине "Химия" и "Общая и неорганическая химия" для студентов химического и нехимического профиля / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: О.В. Бурькина, Курск, 2013, 22с.: Библиогр.: с. 22.

Излагаются методические материалы по изучению темы "Концентрация растворов и способы её выражения", расчету концентраций и выполнению лабораторной работы. Предназначены для студентов химического и нехимического профиля.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать                      Форма 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,3 Уч.-изд.л. 1,2 Тираж 50 экз. Заказ. Бесплатно  
Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Вопросы для самоподготовки	4
Введение	5
Способы выражения содержания растворенного вещества в растворе	5
§1.1. Процентная концентрация	5
§1.2. Расчеты, связанные с использованием плотности раствора	8
§1.3. Выражение концентрации растворов в единицах нормальности, молярности, моляльности. Взаимный переход от одних видов выражения концентраций к другим.	10
§1.4 Расчет объёмов растворов, необходимых для реакции	13
Лабораторная работа	15
Индивидуальные задания	16
Библиографический список	22

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Что называется раствором?
2. Какие виды растворов существуют?
3. Что такое концентрация?
4. Назовите известные виды концентрации?
5. Что показывает процентная концентрация?
6. Что такое молярность? Каковы её единицы измерения?
7. Что такое нормальность? Каковы её единицы измерения?
8. Титр и его единицы измерения?
9. Закон эквивалентов для растворов?
10. Связь процентной концентрации с молярностью и нормальностью.

## ВВЕДЕНИЕ

Все природные воды, а также важнейшие физиологические жидкости – кровь, лимфа и др. – являются растворами.

Растворы – это однородные (гомогенные) системы, состоящие из двух и более компонентов (составных частей) и продуктов их взаимодействия. Например, раствор серной кислоты состоит из растворителя – воды (первый компонент), растворимого вещества – кислоты (второй компонент) и продуктов их взаимодействия – гидратированных ионов  $\text{H}^+$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , раствор гидроксида калия – из воды, гидроксида калия и гидратированных ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{OH}^-$ .

Растворы по агрегатному состоянию бывают жидкие (растворы солей в воде), твердые (сплавы металлов) и газообразные (воздух).

Важнейшей характеристикой любого раствора является его состав. Численное выражение состава раствора показывает концентрация.

**Концентрацией** называется величина, показывающая сколько растворенного вещества (в граммах, молях, моль - эквивалентах) содержится в определенном количестве раствора (в литре, миллилитре, граммах) или растворено в определенном количестве растворителя (килограмме).

Существуют различные способы численного выражения состава растворов: молярная, моляльная, нормальная, процентная концентрации, титр и др.

### Способы выражения содержания растворенного вещества в растворе.

#### §1.1. Процентная концентрация.

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

Процентная концентрация или массовая доля есть отношение массы растворенного вещества к массе раствора.

$$\omega = \frac{m_{\text{раств. в-ва}} \cdot 100\%}{m_{\text{р-ра}}} \quad (1),$$

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

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

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

Массовая доля измеряется в долях единицы и используется в промежуточных расчетах. Если массовую долю умножить на 100 % получится процентная концентрация, которая используется, когда выдается конечный результат.

Масса раствора складывается из массы растворенного вещества и массы растворителя:

$$m_{\text{р-ра}} = m_{\text{р-ля}} + m_{\text{раств. в-ва}} \quad (2),$$

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

$m_{\text{р-ля}}$  – масса растворителя (г),

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

Например, если массовая доля растворенного вещества – серной кислоты в воде равна 0,05, то процентная концентрация составляет 5%. Это означает, что в растворе серной кислоты массой 100 г содержится серная кислота массой 5 г, а масса растворителя составляет 95г.

### Примеры типовых задач по расчету массовой доли (в процентах) растворенного вещества.

#### 1. Вычисление массовой доли (в процентах) растворенного вещества.

**ПРИМЕР 1.** Вычислить процентное содержание кристаллогидрата и безводной соли, если в 450 г воды растворили 50 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

#### **РЕШЕНИЕ:**

1) Общая масса раствора составляет  $450 + 50 = 500$  г.

2) Процентное содержание кристаллогидрата находим по формуле (1):

$$X = 50 \cdot 100 / 500 = 10 \%$$

3) Рассчитаем массу безводной соли  $\text{CuSO}_4$ , содержащуюся в 50 г кристаллогидрата:

4) Рассчитаем молярную массу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и безводной  $\text{CuSO}_4$

$$M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{Cu}} + M_{\text{S}} + 4M_{\text{O}} + 5M_{\text{H}_2\text{O}} = 64 + 32 + 4 \cdot 16 + 5 \cdot 18 = 250 \text{ г/МОЛЬ}$$

$$M_{\text{CuSO}_4} = M_{\text{Cu}} + M_{\text{S}} + 4M_{\text{O}} = 64 + 32 + 4 \cdot 16 = 160 \text{ г/МОЛЬ}$$

5) В 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  содержится 160 г  $\text{CuSO}_4$

А в 50 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  - X г  $\text{CuSO}_4$

$$X = 50 \cdot 160 / 250 = 32 \text{ г.}$$

6) Процентное содержание безводной соли сульфата меди составит:

$$\omega = 32 \cdot 100 / 500 = 6,4 \%$$

**ОТВЕТ:**  $\omega_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 10 \%$ ,  $\omega_{\text{CuSO}_4} = 6,4 \%$ .

## 2. Вычисление массы растворенного вещества или растворителя по массе раствора и его концентрации.

**ПРИМЕР 2.** Сколько грамм соли и воды содержится в 800 г 12 %-ного раствора  $\text{NaNO}_3$ ?

**РЕШЕНИЕ:**

1) Найдем массу растворенного вещества в 800 г 12 %-ного раствора  $\text{NaNO}_3$ :

$$800 \cdot 12 / 100 = 96 \text{ г}$$

2) Масса растворителя составит :  $800 - 96 = 704 \text{ г}$ .

**ОТВЕТ:** Масса  $\text{HNO}_3 = 96 \text{ г}$ , масса  $\text{H}_2\text{O} = 704 \text{ г}$ .

## 3. Вычисление массы раствора определенной концентрации по массе растворенного вещества или растворителя.

**ПРИМЕР 3.** Сколько грамм 3 %-ного раствора  $\text{MgSO}_4$  можно приготовить из 100 г  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ?

**РЕШЕНИЕ:**

1) Рассчитаем молярную массу  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{MgSO}_4$

$$M_{\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}} = 24 + 32 + 4 \cdot 16 + 7 \cdot 18 = 246 \text{ г/моль}$$

$$M_{\text{MgSO}_4} = 24 + 32 + 4 \cdot 16 = 120 \text{ г/моль}$$

2) В 246 г  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  содержится 120 г  $\text{MgSO}_4$

В 100 г  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  содержится X г  $\text{MgSO}_4$

$$X = 100 \cdot 120 / 246 = 48,78 \text{ г}$$

3) По условию задачи масса безводной соли составляет 3 %. Отсюда:

3 % массы раствора составляют 48,78 г

100 % массы раствора составляют X г

$$X = 100 \cdot 48,78 / 3 = 1626 \text{ г}$$

**ОТВЕТ:** масса приготовленного раствора будет составлять 1626 грамм.

#### 4. Вычисление массы растворенного вещества или массы растворителя, которые следует взять для получения раствора определенной концентрации.

**ПРИМЕР 4.** Сколько грамм HCl следует растворить в 250 г воды для получения 10 %-ного раствора HCl?

**РЕШЕНИЕ:** 250 г воды составляют  $100 - 10 = 90$  % массы раствора, тогда масса HCl составляет  $250 \cdot 10 / 90 = 27,7$  г HCl.

**ОТВЕТ:** Масса HCl составляет 27,7 г.

### § 1.2. Расчеты, связанные с использованием плотности раствора.

Чтобы связать между собой массу и объем раствора используют такую величину как плотность раствора.

**ПЛОТНОСТЬ** – это величина, показывающая массу единицы объёма.

$$\rho = m_{\text{р-ра}} / V_{\text{р-ра}} \quad (3),$$

где  $\rho$  – плотность раствора (г/мл),

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

$V_{\text{р-ра}}$  – объём раствора (мл).

**ПРИМЕР 5.** Сколько грамм безводной серной кислоты требуется для приготовления 200 мл 10% -ного раствора данной кислоты? ( $\rho = 1,0$  г/мл)

**РЕШЕНИЕ:**

1) Определим массу 200 мл 10% -ного раствора кислоты:

$$m = 200 \cdot 1,0 = 200 \text{ г}$$

2) В 100 г 10%-ного раствора кислоты содержится 10 г растворенного вещества, а в 200 г раствора этой же концентрации содержится  $200 \cdot 10 / 100 = 20$  г.

Следовательно, для приготовления 200 мл 10%-ного раствора серной кислоты нужно взять 20 г безводной серной кислоты.

**ОТВЕТ:** масса безводной серной кислоты равна 20 г.



**ПРИМЕР 6.** Сколько миллилитров 9,5%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $\rho=1,1$  г/мл) следует добавить к 100 г воды для получения 3%-ного раствора этой соли?

**РЕШЕНИЕ:**

1) Обозначим искомый объем раствора через  $X$  мл. Масса этого раствора равна  $(X \cdot 1,1 \cdot 0,095)$  г.

2) Согласно условию задачи масса растворенного вещества составляет 3% от массы полученного раствора. Масса полученного раствора равна  $(1,1 X + 100)$  г.

3) Полученные значения подставим в формулу (1)

$$1,1 \cdot 0,095 X / 1,1 X + 100 = 0,03 \qquad X = 42 \text{ мл}$$

**ОТВЕТ:** 42 мл нужно взять 9,5%-ного раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

**ПРИМЕР 7.** Сколько грамм 10%-ного раствора серной кислоты требуется для обменного взаимодействия с 100 мл 13,7%-ного раствора карбоната натрия ( $\rho=1,145$  г/мл)?

**РЕШЕНИЕ:**

1) 100 мл 13,7%-ного раствора карбоната натрия массой:

$$m = 1,145 \cdot 100 = 114,5 \text{ г, содержат } 114,5 \cdot 0,137 = 15,68 \text{ г } \text{Na}_2\text{CO}_3.$$

2) Из уравнения реакции:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  рассчитаем необходимую массу серной кислоты:

$$15,68 \cdot 98,06 / 106 = 14,5 \text{ г.}$$

98,06 г/моль – молярная масса серной кислоты,

106 г/моль – молярная масса карбоната натрия.

3) 10%-ного раствора потребуется  $14,5 \cdot 100 / 10 = 145$  г.

**ОТВЕТ:** потребуется 145 г серной кислоты.

**ПРИМЕР 8.** Сколько миллилитров 32,5%-ного раствора  $\text{NH}_3$  ( $\rho = 888$  г/мл) потребуется для образования сульфата аммония при взаимодействии с 250 мл 27,3%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,2$  г/мл)?

**РЕШЕНИЕ:**

1) Масса раствора кислоты составляет  $250 \cdot 1,2 = 300$  г.

2) Раствор содержит  $300 \cdot 27,3 / 100 = 81,9$  г серной кислоты.

3) Согласно уравнению:  $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

вычисляем массу аммиака, вступившего в реакцию; она составляет:

$$m = 17 \cdot 81,9 / 98,06 = 14,2 \text{ г.}$$

17 г/моль – молярная масса аммиака;

98,06 г/моль – молярная масса серной кислоты.

4)Этой массе  $\text{NH}_3$  соответствует:

$$14,2 \cdot 100 / 32,5 = 43,7 \text{ мл.}$$

**ОТВЕТ:** Потребуется 43,7 мл аммиака

### § 1.3. Выражение концентрации растворов в единицах нормальности, молярности и моляльности. Взаимный переход от одних видов выражения концентрации к другим.

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

$$C_m = \nu / V \quad (4),$$

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

$\nu$  – число молей (моль),

$V$  – объём (мл).

Единицы измерения молярной концентрации моль/л.

Раствор, содержащий в 1 литре 1 моль растворенного вещества, называется *молярным*. Например, 1 молярный раствор NaOH – это такой раствор, 1 литр которого содержит 1 моль растворенного вещества NaOH или  $1 \cdot 40 = 40$  г NaOH.

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

$$C_n = \nu_3 / V \quad (5),$$

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

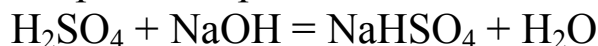
$\nu_3$  – число моль - эквивалентов (моль - экв),

$V$  – объём (л).

Раствор в 1 литре, которого содержится 1 моль-эквивалент, называется *нормальным*.

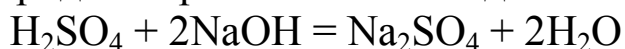
При нахождении моль эквивалентов вещества по его молекулярной массе необходимо знать, что молярная масса эквивалента данного вещества может быть различным при разных химических реакциях, в которых это вещество участвует. Поэтому один и тот же раствор в разных случаях может иметь различную нормальность.

Например, если при взаимодействии раствора серной кислоты, содержащей 9,8 г кислоты, с NaOH образуется кислая соль, то раствор серной кислоты будет 0,1 н., т.к. эта реакция сводится к замещению одного иона водорода в серной кислоте на ион натрия:



поэтому эквивалентная масса серной кислоты здесь равна её молярной массе 98 г/моль. Число моль - эквивалентов в 1 литре (или нормальность) в этом случае равно  $9,8/98 \cdot 1 = 0,1$  н.

Если же образуется средняя соль, реакция сводится к замещению двух ионов водорода в серной кислоте на два иона натрия:



следовательно, молекула серной кислоты содержит два эквивалента. Значит, в данном случае эквивалентная масса будет равна  $\frac{1}{2}$  молярной массы 49 г/моль. Число моль - эквивалентов в 1 литре (или нормальность) будет равно  $9,8/49 \cdot 1 = 0,2$  н.

Для перехода от процентной концентрации к концентрациям, выраженным в единицах нормальности и молярности, и обратно необходимо учитывать плотность растворов.

**Титром** – называют число грамм растворенного вещества, содержащееся в 1 мл раствора. Единицы измерения титра г/мл.

**ПРИМЕР 9:** Рассчитать молярность, нормальность 36%-ного раствора серной кислоты (плотность раствора 1,268 г/см<sup>3</sup>).

**РЕШЕНИЕ:**

1) Рассчитаем массу 1 л раствора 36%-ного раствора серной кислоты:

$$m_{\text{р-ра}} = 1000 \cdot 1,268 = 1268 \text{ г}$$

2) Рассчитаем массу серной кислоты, которая содержится в 1268 г раствора. Зная, что исходный раствор 36%-ный, можно сделать вывод, что в 100 г этого раствора содержится 36 г серной кислоты. Тогда в 1268 г 36%-ного раствора будет содержаться:

$$36 \cdot 1268 / 100 = 456,48 \text{ г серной кислоты.}$$

3) Зная массу серной кислоты и молярную массу серной кислоты, можно найти число молей кислоты

$$v = 456,48 / 98 = 4,65 \text{ моля}$$

(98 г/моль – молярная масса серной кислоты).

Поскольку все расчеты мы вели на 1 литр, то мы нашли число молей растворенного вещества в 1 литре раствора, а значит, мы нашли молярность. Следовательно,  $C_m = 4,65 \text{ М}$ .

4) Зная массу кислоты и эквивалентную массу серной кислоты, можем найти число моль - эквивалентов кислоты. Т.к. кислота двухосновная, то  $f_э = 1/2$ , следовательно,  $M_э = M \cdot f_э = 98 \cdot 1/2 = 49$  г/моль. Отсюда:

$$v_э = 456,48/49 = 9,3 \text{ моль - эквивалента.}$$

Т.к. найдено число моль - эквивалентов растворенного вещества в 1 литре раствора, следовательно, найдена нормальная концентрация  $C_N = 9,3$  н.

**ОТВЕТ:**  $C_M = 4,65$  М,  $C_N = 9,3$  н.

**ПРИМЕР10:** Вычислите процентную концентрацию, молярность и титр 2 н. раствора КОН ( $\rho = 1,10$  г/см<sup>3</sup>).

**РЕШЕНИЕ:**

1) Вычислим массу 1 литра раствора КОН

$$1000 \cdot 1,10 = 1100 \text{ г}$$

2) Определим массу растворенного вещества: нормальная концентрация показывает, сколько моль - эквивалентов растворенного вещества содержится в 1 литре раствора, т.к. наш раствор 2 н., то в 1 литре раствора содержится 2 моль - эквивалента КОН.

3) Зная число моль - эквивалентов и эквивалентную массу КОН рассчитаем массу КОН:

$$M_э \text{ кон} = M \text{ кон, т.к. } f_э = 1.$$

$$m = v_э \cdot M_э = 2 \cdot 56 = 112 \text{ г}$$

4) Рассчитаем по формуле (1) процентную концентрацию:

$$\omega = m_{\text{раств. в-ва}} \cdot 100 / m_{\text{р-ра}} = 112 \cdot 100 / 1100 = 10,18 \%$$

5) Молярность и нормальность отличается друг от друга фактором эквивалентности:  $C_M = C_N \cdot f_э$  или  $C_N = C_M / f_э$

Для КОН  $f_э = 1$ , т.е.  $C_M = C_N$ , следовательно,  $C_M = 2$  М.

6) Рассчитаем титр раствора

$$T = m_{\text{раств. в-ва}} / V_{\text{р-ра}} = 112 / 1000 = 0,112 \text{ г/мл.}$$

**ПРИМЕР11:** Рассчитать объём 36%-ной кислоты HCl ( $\rho = 1,179$  г/см<sup>3</sup>) для приготовления а) 200 мл 0,1 н. раствора; б) 500 мл 0,5 М раствора.

**РЕШЕНИЕ:**

а) 1) рассчитаем массу HCl, которая содержится в 200 мл 0,1 н. раствора:

$$m_{\text{HCl}} = 0,1 \cdot 200 \cdot 36,5 / 1000 = 0,73 \text{ г}$$

2) Рассчитаем массу 36%-ного раствора HCl, в которой содержится 0,73 г HCl

36 г HCl находятся в 100 г 36%-ного раствора HCl

0,73 г HCl находятся в X г 36%-ного раствора HCl

$$X = 0,73 \cdot 100 / 36 = 2,03 \text{ г}$$

3) Найдем, какой объём HCl составляет 2,03 г раствора:

$$V = m / \rho = 2,03 / 1,179 = 1,8 \text{ мл}$$

**ОТВЕТ:** Необходимо взять 1,8 мл 36%-ного раствора HCl

б)1) Рассчитаем массу HCl, содержащуюся в 500 мл 0,5 М раствора

$$m_{\text{HCl}} = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 36,5 = 9,125 \text{ г.}$$

2) Рассчитаем массу 36%-ной HCl, в которой содержится 9,125 г HCl

$$9,125 \cdot 100 / 36 = 25,35 \text{ г}$$

3) Рассчитаем объём, который составляют 25,35 г раствора HCl:

$$V = 25,35 / 1,179 = 21,51 \text{ мл.}$$

**ОТВЕТ:** Необходимо взять 21,51 мл 36%-ного раствора HCl.

#### **§ 1.4. Расчет объёмов растворов, необходимых для реакции.**

Зная концентрации растворов, применяемых при проведении различных реакций, 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 объёмах обратно пропорциональны нормальностям.**

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2 \text{ или } V_1 : V_2 = N_2 : N_1 \text{ (7),}$$

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.

**ПРИМЕР 12:** Для нейтрализации 42 мл раствора кислоты потребовалось прилить к ним 14 мл 0,3 н. раствора щелочи. Определить нормальность кислоты.

**РЕШЕНИЕ:** Обозначим нормальность кислоты через X и составим пропорцию:

$$X: 0,3 = 14: 42$$

следовательно,  $X = 0,3 \cdot 14 / 42 = 0,1$ н.

**ОТВЕТ:** Нормальность кислоты 0,1н.

**ПРИМЕР 13:** Сколько миллилитров 0,25 н. раствора серной кислоты потребуется для осаждения в виде BaSO<sub>4</sub> всего бария, содержащегося в 20 мл 2 н. раствора BaCl<sub>2</sub>?

**РЕШЕНИЕ:** Обозначим искомый объём раствора серной кислоты через V и составляем пропорцию:

$$V:20 = 2:0,25,$$

следовательно,  $V = 2 \cdot 20 / 0,25 = 160$  мл.

**ОТВЕТ:** Требуется 160 мл серной кислоты.

Зная объём и нормальную концентрацию одного раствора, можно рассчитать массу определяемого вещества по формуле:

$$m_1 / M_{Э1} = V_2 \cdot C_{Н2} / 1000 \quad (8),$$

где  $m_1$  - масса первого вещества (г),

$M_{Э1}$  – эквивалентная масса первого вещества (г/моль),

$V_2$  – объём второго вещества (мл),

$C_{Н2}$  – нормальная концентрация второго вещества.

#### **Формулы для пересчета концентраций растворов**

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

## Лабораторная работа. Определение молярной массы

### эквивалентов кислоты в реакциях обмена.

В данном опыте предлагается определить молярную массу эквивалентов кислоты ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  или  $\text{HNO}_3$ ) на основании результатов реакции нейтрализации, которую проводят методом титрования.

В бюретку налейте раствор щелочи известной нормальной концентрации и приведите бюретку в рабочее положение. 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 исчезающей окраски. Титрование повторите. Результаты не должны отличаться более чем на 0,1 мл. Запишите результаты титрования в журнал.

По закону эквивалентов для растворов  $C_{н1} \cdot V_1 = C_{н2} \cdot V_2$  рассчитайте молярную концентрацию эквивалентов раствора кислоты  $C_{н1}$ , а затем молярную массу ее эквивалентов  $M_{Э1}$  из формулы:

$$C_{н} = \frac{T \cdot 1000}{M_{Э}}$$

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. Запишите уравнение реакции взаимодействия этой кислоты с использованной вами щелочью. Запишите в журнал:

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

нормальность раствора щелочи,  $C_{н2}$ ;

объем раствора кислоты  $V_1 = 10$  мл

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

расчет нормальной концентрации кислоты  $C_{н1}$ , моль/л;

расчет молярной массы эквивалентов кислоты  $M_{Э1}$ , г/моль;

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

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

## ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

**Примечание** Задачи отмеченные (\*) обязательны для студентов химических специальностей (ОП, ТС, ЗС, БЖ).

### ВАРИАНТ 1.

1. Сколько граммов  $KCl$  следует растворить в 100 г воды для получения 5 %-ного раствора?
2. Чему равна молярность раствора, содержащего в 0,75 л 4,41 г поваренной соли?
3. Сколько миллилитров 0,2 н. раствора щелочи потребуется для осаждения в виде  $Fe(OH)_3$  всего железа, содержащегося в 100 мл 0,5 н. раствора  $FeCl_3$ ?
- 4\*. До какого объёма надо разбавить 500 мл 20%-ного раствора  $NaCl$  ( $\rho=1,152$  г/мл), чтобы получить 4,5%-ный раствор ( $\rho=1,029$ )?

### ВАРИАНТ 2.

1. Сколько сахара и воды надо взять для приготовления 500 г 2,5 %-ного раствора?
2. Рассчитайте молярность и титр 70%-ной серной кислоты ( $\rho = 1,622$  г/мл).
3. На нейтрализацию 20 мл раствора, содержащегося в одном литре 12 г щелочи, было израсходовано 24 мл 0,25 н. раствора кислоты. Рассчитать эквивалент щелочи.
- 4\*. Какой объём 20%-ной серной кислоты ( $\rho=1,14$  г/мл) надо прибавить к 100 мл воды, чтобы получить 5%-ный раствор?

### ВАРИАНТ 3.

1. Какое количество буры  $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O$  и сколько воды надо взять для приготовления 2 кг 5 %-ного раствора  $Na_2B_4O_7$  (в расчете на безводную соль)?
2. Чему равна нормальная концентрация 18%-ного раствора соляной кислоты ( $\rho = 1,09$  г/мл)?
3. Для нейтрализации 30 мл 0,1 н. раствора щелочи потребовалось 12 мл раствора кислоты. Определите нормальность кислоты.
- 4\*. Найти массовую долю азотной кислоты в растворе, 1 литр которого содержит 224 г кислоты ( $\rho=1,12$  г/мл).

### ВАРИАНТ 4

1. Найти массовую долю глюкозы в растворе, содержащем 280 г воды и 40 г глюкозы.



2. Рассчитайте молярность и титр 0,1 н. раствора фосфорной кислоты.
3. На нейтрализацию 40 мл раствора щелочи израсходовано 24 мл 0,5 М раствора серной кислоты. Какова нормальность щелочи? Сколько 0,5 н. раствора хлористого кальция потребуется для той же цели?
- 4\*. К 500 мл 32%-ной азотной кислоты ( $\rho = 1,2$  г/мл) прибавили 1 литр воды. Чему равна массовая доля азотной кислоты в полученном растворе?

#### **ВАРИАНТ 5**

1. Сколько граммов  $\text{NaNO}_3$  и воды необходимо для приготовления 1,6 кг 10 %-ного раствора  $\text{NaNO}_3$ ?
2. Чему равна молярная концентрация 20%-ного раствора  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,10$  г/мл)?
3. Сколько миллилитров 0,25 н раствора серной кислоты нужно прибавить к 400 мл 0,5 н. раствора хлористого кальция, чтобы осадить все имеющиеся ионы кальция?
- 4\*. Сколько миллилитров 96%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,84$  г/мл) нужно взять для приготовления 200 мл 30%-ного раствора этой кислоты?

#### **ВАРИАНТ 6**

1. Вычислить процентное содержание растворенного вещества в растворе содержащем 60 г  $\text{AgNO}_3$  в 750 г воды.
2. Вычислить массовую долю  $\text{KOH}$  в 9,28 н. растворе  $\text{KOH}$  ( $\rho = 1,310$  г/мл).
3. Для нейтрализации 20 мл 0,1 н. раствора кислоты потребуется 8 мл раствора  $\text{KOH}$ . Сколько граммов  $\text{KOH}$  содержит 1 литр этого раствора?
- 4\*. К 100 мл 96%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,84$  г/мл) прибавили 400 мл воды. Рассчитать процентную концентрацию полученного раствора.

#### **ВАРИАНТ 7**

1. Из 400 г 50 %-ного раствора серной кислоты выпариванием удалили 100 г воды. Чему равна массовая доля серной кислоты в оставшемся растворе?
2. Рассчитайте нормальность и титр 2 М раствора соды.
3. Сколько грамм  $\text{AgCl}$  выпадает в осадок, если к 400 мл 0,5 н. раствора  $\text{AgNO}_3$  прибавить избыток соляной кислоты?

- 4\*. Сколько граммов сульфита натрия требуется для приготовления 5 л 8%-ного раствора ( $\rho=1,075$  г/мл)?

### **ВАРИАНТ 8**

1. Определите массу растворенного вещества и растворителя в 500 г 20 %-ного раствора хлористого натрия.
2. Вычислить нормальность, молярность, титр 15%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,105$  г/мл).
3. Определить массу серной кислоты, для нейтрализации которой потребовалось 25 мл 0,2 н. раствора щелочи.
- 4\*. До какого объёма надо разбавить 500 мл 20%-ного раствора NaCl ( $\rho=1,152$  г/мл), чтобы получить 4,5%-ный раствор плотностью 1,029 г./мл?

### **ВАРИАНТ 9**

1. Какова процентная концентрация раствора, полученного при растворении 75 г карбоната калия в 300 г воды?
2. Найти молярность раствора, если для приготовления 150 мл раствора взяли 10 г KCl.
3. Имеется раствор, в 1 л которого содержится 18,9 г азотной кислоты и раствор, содержащий в 1 л 3,2 г KOH. В каком объёмном отношении нужно смешать эти растворы для получения раствора, имеющего нейтральную среду?
- 4\*. Сколько миллилитров 27%-ного раствора KOH ( $\rho=1,25$  г/мл) потребуется для образования гидрофосфата калия с 200 мл 40%-ного раствора  $H_3PO_4$  ( $\rho=1,26$  г/мл)?

### **ВАРИАНТ 10**

1. Сколько граммов  $Na_2SO_4$  следует растворить для получения 1500 г 8 %-ного раствора?
2. Плотность 40%-ного раствора азотной кислоты равна 1,25 г/мл. Рассчитать молярность и нормальность этого раствора.
3. На нейтрализацию 20 мл раствора щелочи, израсходовано 24 мл 0,25н. раствора кислоты. Определить нормальность щелочи.
- 4\*. Сколько мл концентрированной HCl ( $\rho=1,19$  г/мл), содержащей 38% HCl, нужно взять для приготовления 500 мл 3%-ного раствора этой кислоты?

### **ВАРИАНТ 11**

1. Сколько граммов NaCl следует растворить в 1000 г воды, чтобы получить 30 %-ный раствор этой соли?

2. Сколько граммов глауберовой соли  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  потребуется для приготовления двух литров 0,5 н. раствора сульфата натрия?
3. Сколько миллилитров 0,1 н. раствора серной кислоты потребуется для нейтрализации 40 г КОН?
- 4\*. Сколько литров 2,5%-ного раствора NaOH ( $\rho=1,03$  г/мл) можно приготовить из 80 мл 35%-ного раствора ( $\rho=1,38$  г/мл)?

### **ВАРИАНТ 12**

1. Определить количество воды, в котором нужно растворить 30 г  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , чтобы получить 8 %-ный раствор?
2. Какое количество нитрата натрия надо взять для приготовления 300 мл 0,2 М раствора? Рассчитать нормальную концентрацию данного раствора.
3. Для осаждения всего хлора, содержащегося в 15 мл раствора KCl, израсходовано 25 мл 0,1 н. раствора нитрата серебра. Сколько грамм KCl содержит 1 л этого раствора?
- 4\*. Сколько воды необходимо прибавить к 500 мл 20%-ного раствора серной кислоты ( $\rho=1,14$  г/мл), чтобы получить 5%-ный раствор?

### **ВАРИАНТ 13**

1. Какое количество KCl необходимо добавить к 150 г воды, чтобы получить 2 %-ный раствор этой соли?
2. Имеется 2 М раствор соды. Рассчитать его процентную концентрацию, титр ( $\rho = 1,1$  г/мл)?
3. Сколько мл 2 н. раствора NaOH следует добавить к 0,75 л воды для получения 0,4 н. NaOH?
- 4\*. Сколько мл 35%-ного раствора  $\text{NH}_3$  ( $\rho=0,888$  г/мл) следует прилить к 400 мл 15%-ного раствора  $\text{NH}_3$  (0,47 г/мл) для получения 25% -ного раствора?

### **ВАРИАНТ 14**

1. Сколько граммов воды следует добавить к 6 г 1,5 %-ный раствор той кислоты?
2. Рассчитайте нормальную и молярную концентрации 36,5%-ного раствора HCl ( $\rho = 1,05$  г/мл)?
3. До какого объёма следует выпарить 3,5 л 0,04 н. КОН для получения 0,1 н. раствора?
- 4\*. Какое количество воды нужно добавить к 50 мл 30%-ного раствора HCl ( $\rho=1,01$  г/мл), чтобы получить 10%-ный раствор?

### **ВАРИАНТ 15**

1. Сколько граммов КОН следует добавить к 400 г воды, чтобы получить 2,5 %-ный раствор КОН?
2. Сколько грамм соды содержится в 500 мл 0,25 н. раствора?
3. Сколько мл 0,4 н. раствора серной кислоты можно нейтрализовать прибавлением 800 мл 0,25 н. NaOH?
- 4\*. К какому количеству воды следует прибавить 100 мл 27 %-ного раствора КОН ( $\rho = 1,25$ ) для получения 3%-ного раствора КОН?

### **ВАРИАНТ 16**

1. Определить массовую долю вещества в растворе, полученном смешением 300 г воды и 40 г  $K_2CO_3$ .
2. Вычислить молярность, нормальность, титр 27,1%-ного раствора хлорида аммония ( $\rho = 1,075$  г/мл).
3. 250 мл 4 н. КОН смешаны со 150 мл 6 н. HCl. Какова реакция среды (кислая, щелочная, нейтральная)? Какая масса КОН содержится в 1 мл используемого раствора?
- 4\*. Сколько миллилитров 5,5 %-ного раствора азотной кислоты ( $\rho = 1,03$ ) нужно смешать с 300 мл 10%-ного раствора этой кислоты ( $\rho = 1,054$ ), чтобы получить 8%-ный раствор?

### **ВАРИАНТ 17**

1. К 100 г 96 %-ного раствора серной кислоты прибавили 400 г воды. Определить процентную концентрацию полученного раствора.
2. Определите процентную концентрацию и титр 0,25 М раствора фосфорной кислоты ( $\rho = 1,25$  г/мл).
3. Сколько мл 0,1 н. раствора фосфорной кислоты можно приготовить из 80 мл 0,75 н. раствора той же кислоты?
- 4\*. Сколько миллилитров 6 %-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,038$ ) нужно добавить к 300 г воды, чтобы получить 2%-ный раствор этой кислоты?

### **ВАРИАНТ 18**

1. Чему равна процентная концентрация раствора, полученного в результате растворения 90 г вещества в 180 г воды?
2. Сколько грамм растворенного вещества содержит 800 мл 0,4 н. раствора  $CaCl_2$ ? Определите молярность раствора.
3. До какого объёма следует разбавить водой 2,4 л 1,6 н HCl для получения 0,1 н. раствора?
- 4\*. Сколько миллилитров воды нужно добавить к 200 мл 0,5М раствора, чтобы получить 0,5н. раствор?

### **ВАРИАНТ 19**

1. В какой массе воды следует растворить 100 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  для получения 10 %-ного раствора этой соли?
2. Вычислить процентное содержание растворенного вещества в 10 н. растворе серной кислоты ( $\rho = 1,13$  г/мл).
3. Какой объём 0,5 н. серной кислоты следует добавить к 1 л 0,1 н. раствора КОН для нейтрализации щелочи?
- 4\*. Сколько миллилитров воды и 40%-ного раствора серной кислоты ( $\rho = 1,303$ ) требуется для приготовления 500 мл 0,1 н. раствора этой кислоты?

### **ВАРИАНТ 20**

1. Какой процентной концентрации получится азотная кислота, если к 500 г 32 %-ного раствора кислоты прибавить 1000 г воды?
2. Сколько граммов  $\text{HCl}$  содержится в 400 мл 1 н. раствора этой кислоты? Определите молярность данного раствора.
3. Сколько литров 8 н. КОН следует добавить к 5 л 3,2 н.  $\text{HCl}$  для нейтрализации кислоты?
- 4\*. Сколько миллилитров воды и 30%-ного раствора  $\text{HCl}$  ( $\rho = 1,149$ ) требуется для приготовления 250 мл 0,2 М раствора этой кислоты?

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Глинка Н.Л. Общая химия Л.: Химия, 1974, 712с.
2. Павлов Н.Н. Неорганическая химия М.: Высшая школа, 1986, 336с.
3. Пилипенко А.Т., Починок В.Я., Серeda И.П., Шевченко Ф.Д. Справочник по элементарной химии Киев "Наукова думка", 1962, 560с.
4. Гольбрайх З.Е. Сборник задач и упражнений по химии М.: Высшая школа, 1984, 223с.
5. Коровин Н.В., Мингулина Э.И., Рыжова Н.Г. Лабораторные работы по химии М.: Высшая школа, 1986, 239с.



