



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Естественные науки»

## **Учебно-методическое пособие**

по дисциплине

«Химия»

## **«Химия. Растворы»**

Автор:

Власенко И.В.

Ростов-на-Дону, 2023

## Аннотация

Учебное пособие предназначено для аудиторной и самостоятельной работы иностранных слушателей (иностранцев студентов) очной формы обучения при изучении дисциплины «Химия». Содержит адаптированный теоретический материал, контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы по теме «Растворы», предусмотренные требованиями к освоению дополнительных общеобразовательных программ, обеспечивающих подготовку иностранных граждан и лиц без гражданства на русском языке.

Представленный материал включает в себя обязательный минимум дисциплины «Химия», необходимый для систематизации уже имеющихся у иностранных слушателей знаний по предмету, их углубления и восстановления возможных пробелов.

Рекомендуется для самостоятельной работы иностранных студентов при изучении темы «Растворы» и подготовке к текущему контролю и итоговой аттестации.

### Автор:

Власенко И.В. - ст. преподаватель кафедры  
«Естественные науки»

## Оглавление

	Растворы.....	4
<b>I.</b>	Растворение веществ. Растворимость.....	4
<b>II.</b>	Способы выражения состава раствора.....	5
<b>1.</b>	Массовая доля растворённого вещества.....	5
<b>2.</b>	Молярная концентрация.....	7
<b>3.</b>	Нормальная концентрация.....	8
<b>4.</b>	Переход от молярной концентрации $C_m$ к нормальной концентрации $C_n$ ( $C_m \leftrightarrow C_n$ ).....	10
<b>5.</b>	Расчёт по объёмам реагирующих растворов разных нормальностей.....	10
	Задачи для самостоятельной работы.....	15
	<b>Перечень использованных информационных источников.....</b>	<b>17</b>

## РАСТВОРЫ

### I. Растворение веществ. Растворимость.

Растворение рассматривают как совокупность физических и химических явлений, выделяя три основных процесса:

а) разрушение химических и межмолекулярных связей в растворяющихся газах, жидкостях или твёрдых телах, требующее затраты энергии.

б) химическое взаимодействие растворителя с растворяющимся веществом, вызванное образованием новых соединений - сольватов (гидратов) - и сопровождающееся выделением энергии.

в) самопроизвольное перемешивание раствора или равномерное распределение сольватов (гидратов) в растворителе, связанное с диффузией и требующее затраты энергии.

Растворение протекает самопроизвольно вплоть до насыщения раствора.

Раствор, в котором устанавливается равновесие между растворением и образованием вещества, называется **насыщенным**, а концентрация такого раствора - **растворимостью (P, г/л)**. По растворимости в воде вещества делят на 3 группы:

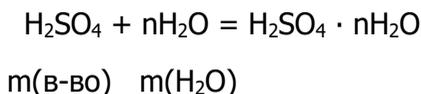
- 1) хорошо растворимые ( $P > 10$ г вещества в 1л воды);
- 2) малорастворимые (M) ( $P$  от 0,01 до 10 г вещества в 1 л воды);
- 3) практически нерастворимые (H) ( $P < 0,01$  г вещества в 1 л воды).

Растворение газов - процесс экзотермический (идет с выделением тепла), их растворимость уменьшается с увеличением температуры. Твёрдые вещества растворяются с поглощением теплоты, их растворимость возрастает с увеличением температуры.

На растворимость оказывает влияние природа растворителя. Вещество лучше растворяется в таких

растворителях, которые химически ему подобны, например, полярные вещества в полярных растворителях.

**Раствор [m(в-во) + m(H<sub>2</sub>O)] - это гомогенная (однородная) система, которая состоит из растворённого вещества m(в-во), растворителя m(H<sub>2</sub>O) и продуктов их взаимодействия.**

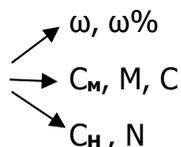


## II. Способы выражения состава раствора

Для количественной характеристики растворов используют понятие концентрации.

**Концентрацией** раствора называется весовое (в случае газа объёмное) содержание растворённого вещества в весовом количестве или в определенном объёме раствора. Растворы с большой концентрацией называются **концентрированными**, с малой - **разбавленными**.

Способы выражения состава раствора (3)



**1. Массовая доля растворённого вещества ω** (омега) - считаем на 100 граммов раствора.

Например: 5г (в-во) + 95г (H<sub>2</sub>O) = 100г (р-р)

$$\omega = \frac{5\text{г}}{100\text{г}} = 0,05; \quad \omega\% = 0,05 \cdot 100\% = 5\%$$

$\omega$  выражается  в долях от единицы (0,05)  
в процентах (5%)

**Массовая доля растворённого вещества ( $\omega$ ) - это отношение массы растворённого вещества  $m$  (в-ва) к массе раствора  $m$ (р-ра), выраженное в процентах.**

$\omega$  показывает, сколько граммов вещества содержится в 100 граммах раствора.

Например, 30% раствор вещества. Что это?

Это значит, что  $m$ (в-ва) = 30г ,  $m$ (р-ра) = 100г .

(1)	$\omega \% = \frac{m(\text{в} - \text{во})}{m(\text{р} - \text{р})} \cdot 100\%$
(2)	$m(\text{р} - \text{р}) = m(\text{в} - \text{во}) + m(\text{H}_2\text{O})$ $\omega \% = \frac{m(\text{в} - \text{во})}{m(\text{в} - \text{во}) + m_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 100\%$
(3)	$m(\text{р} - \text{р}) = V(\text{р} - \text{р}) \cdot \rho(\text{р} - \text{р})$ $\omega \% = \frac{m(\text{в} - \text{во})}{V(\text{р} - \text{р}) \cdot \rho(\text{р} - \text{р})} \cdot 100\%$

### Изменение массовой доли ( $\omega$ )

до   $\omega_1$  [ $+ m_1$  (в-во)]  
 $\omega_2$  [ $+ m_2$  (H<sub>2</sub>O) ]

Если к данному раствору прибавить вещество  
[+  $m_1$  (в-во)], то  $\omega_1 > \omega$  :

(4)	$\omega_1 = \frac{m(\text{в} - \text{во}) + m_1(\text{в} - \text{во})}{m(\text{р} - \text{р}) + m_1(\text{в} - \text{во})} \cdot 100\%$
-----	---

Если к данному раствору прибавить воду [+  $m_2$  ( $\text{H}_2\text{O}$ )],  
то  $\omega_2 < \omega$  :

(5)	$\omega_2 = \frac{m(\text{в} - \text{во})}{m(\text{р} - \text{р}) + m_{2(\text{H}_2\text{O})}} \cdot 100\%$
-----	---

**2. Молярная концентрация  $C_M$**  - считаем на 1 литр  
раствора

(6)	$C_M = \frac{n(\text{в} - \text{во})}{V(\text{р} - \text{р})} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$	$n = \frac{m}{M}$
(7)	$C_M = \frac{m(\text{в} - \text{во})}{M(\text{в} - \text{во}) \cdot V(\text{р} - \text{р})} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$	

где  $n$  - количество растворённого вещества (моль),  
 $M$  - молярная масса (г/моль) растворённого вещества,  
 $V$  - объём раствора (л).

**Молярная концентрация ( $C_M$ )** - это отношение  
числа молей растворённого вещества ( $n$ ) к объёму  
раствора (в литрах)

$C_M$  показывает, сколько молей растворённого вещества содержится в 1л раствора.

1M<sub>р-р</sub> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> содержит 1 моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в 1л раствора - одномолярный раствор.

Форма записи:  $1M_{p-p} \Rightarrow C_M = 1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$

0,1M<sub>р-р</sub> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> содержит 0,1 моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в 1л раствора - децимолярный раствор.

0,01M<sub>р-р</sub> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> содержит 0,01 моль H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в 1л раствора - сантимольярный раствор.

### 3. Нормальная концентрация ( $C_N$ ) - считаем на 1 литр раствора

(8)	$C_N = \frac{m(v - v_0)}{M_{\text{э}}(v - v_0) \cdot V(p - p)} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$
-----	--

где  $m$  - масса растворённого вещества (г),

$M_{\text{э}}$  - молярная масса эквивалента растворённого вещества (г/моль),

$V$  - объём раствора (л).

**Нормальная концентрация  $C_N$  - это отношение числа эквивалентов растворённого вещества к объёму раствора (в литрах)**

**Эквивалентом элемента ( $\text{Э}$ ) называют такое его количество, которое соединяется с 1 молею атомов водорода или замещает то же количество атомов водорода в химических реакциях.**

Эти количества равноценны (эквивалентны) по

отношению друг к другу. Масса эквивалента, выраженная в граммах. Называется эквивалентной массой ( $M_{\text{э}}$  г/моль).

$C_{\text{н}}$  показывает, сколько эквивалентов растворённого вещества содержится в 1 литре раствора

Форма записи: 1 н р-р  $\Rightarrow C_{\text{н}} = 1 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$

1н раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  содержит 1 эквивалент  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 1 литре раствора - однонормальный раствор,

0,1н раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  содержит 0,1 эквивалента  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 1 литре раствора - децинормальный раствор,

0,01н раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  содержит 0,01 эквивалента  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 1 литре раствора - санинормальный раствор.

$$M_{\text{э}}(\text{кислоты}) = \frac{1}{\text{число атомов Н}} \cdot M \text{ (г/моль)},$$

например,  $M_{\text{э}}(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{1}{3} M \text{ (г/моль)}$

$$M_{\text{э}}(\text{основания}) = \frac{1}{\text{Валентность Me}} \cdot M \text{ (г/моль)},$$

например,  $M_{\text{э}}(\text{Ca}(\text{OH})_2) = \frac{1}{2} \cdot M \text{ (г/моль)}$

$$M_{\text{э}}(\text{оксида, соли}) = \frac{1}{\text{Валентность Me} \cdot \text{Число атомов Me}} \cdot M \text{ (г/моль)},$$

<p>например, <math>M_{\text{э}}(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) = \frac{1}{2 \cdot 3} \cdot M \text{ (г/моль)} = \frac{1}{6} \cdot M \text{ (г/моль)}</math></p>
<p><math>\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{6}</math> - фактор эквивалентности,  <math>M_{\text{э}}(\text{вещества}) = f_{\text{экр.}} \cdot M(\text{г/моль})</math></p>

#### 4. Переход от молярной концентрации $C_M$ к нормальной концентрации $C_N$ ( $C_M \leftrightarrow C_N$ )

Из формул (7), (8):

	$C_M = \frac{m_{(B-BO)}}{M_{(B-BO)}V_{(p-p)}}$	$C_N = \frac{m_{(B-BO)}}{M_{\text{э}}(B-BO)V_{(p-p)}}$ $M_{\text{э}} = f_{\text{экр.}} \cdot M$
(9)	$C_N = \frac{C_M}{f_{\text{экр.}}}$	$C_M = f_{\text{экр.}} \cdot C_N$

#### ЗАПОМНИТЕ!

$M_{\text{э}}(\text{вещества}) \leq M(\text{вещества})$  и  $C_N \geq C_M$

#### 5. Расчёт по объёмам реагирующих растворов разных нормальностей

(10)	$\frac{V_1}{V_2} = \frac{C_{N2}}{C_{N1}} \leftrightarrow V_1 \cdot C_{N1} = V_2 \cdot C_{N2},$ <p>где [V]=мл</p>
------	--

**Типовая задача 1.**

Сколько граммов NaCl надо взять, чтобы приготовить 3 литра 10%-ного раствора?

Дано: $V(p-p) = 3л = 3000мл$	Из формулы (3) $\omega \% = \frac{m(b-vo)}{V(p-p) \cdot \rho(p-p)} \cdot 100\%$
$\omega = 10\%$	$m(b-vo) = \frac{\omega \cdot V(p-p) \cdot \rho(p-p)}{100\%}$
$\rho = 1,109 \text{ г/мл}$	$m(\text{NaCl}) = \frac{10\% \cdot 3000мл \cdot 1,109г/мл}{100\%}$
Найти: $m(\text{NaCl}) = ?$	$m(\text{NaCl}) = 332,7г$

Ответ:  $m(\text{NaCl}) = 332,7г$

**Типовая задача 2.**

50г сульфата натрия растворили в 550мл воды. Плотность раствора 1,109г/мл. Определить массовую долю соли в растворе, молярную и нормальную концентрации.

Дано: $m \text{ Na}_2\text{SO}_4 = 50г$	$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) = 1г/мл \cdot 550мл = 550г$
--	---

$V(\text{H}_2\text{O}) = 550\text{мл}$	Найдём массу раствора $m(p-p) = m(v-va) + m(\text{H}_2\text{O}) = 50\text{г} + 550\text{г} = 600\text{г}$ Определим массовую долю соли в растворе по формуле (1): $\omega\% = \frac{m(v-vo)}{m(p-p)} \cdot 100\%$  $\omega\% = \frac{50\text{г}}{600\text{г}} \cdot 100\% = 8,3\%$	
$\rho = 1,109\text{г/мл}$	Находим объём этого раствора $V(p-p) = \frac{m(p-p)}{\rho(p-p)} = \frac{600\text{г}}{1,109\text{г/мл}} = 541\text{мл} \approx 0,54\text{л}$	
Найти: $\omega = ?$ $C_m = ?$ $C_n = ?$	Определим $C_m$ по формуле (7): $C_m = \frac{m(v-vo)}{M(v-vo) \cdot V(p-p)} \frac{\text{моль}}{\text{л}}$  $M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 23 \cdot 2 + 32 + 16 \cdot 4 = 142\text{г/моль}$ $C_m = \frac{50\text{г}}{142\text{г/моль} \cdot 0,54\text{л}} = 0,65 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$	
	Найдём $C_n$ по формуле (8)  $C_n = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M_{\text{Э}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot V(p-p)}$  $M_{\text{Э}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2} \cdot M = \frac{142}{2} = 71\text{г/моль}$  $C_n = \frac{50\text{г}}{71\text{г/моль} \cdot 0,54\text{л}} = 1,3 \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}}$	
	Или из формулы (9)	$C_n = \frac{C_m}{f \text{ экв.}}$

	$C_H = \frac{0,65 \text{ моль/л} \cdot 2}{1} = 1,3 \text{ моль/л}$
--	--

Ответ:  $\omega = 8,3\%$ ;  $C_M = 0,65 \text{ моль/л}$ ;  $C_H = 1,3 \text{ моль/л}$ .

### Типовая задача 3

Какие массы 15%-ного раствора хлорида натрия и воды нужно взять для приготовления 500г 12%-ного раствора NaCl ?

Дано: $\omega_1 = 15\%$	Находим массу NaCl в 500г 12%-ного раствора:
$m_2 \text{ р-ра} = 500\text{г}$	$m(\text{NaCl}) = m_2 \text{ р-ра} \cdot \omega_2 = 500\text{г} \cdot 0,12 = 60\text{г}$
$\omega_2 = 12\%$	Найдём, в какой массе 15%-ного раствора содержится 60г NaCl:
Найти: $m_1 \text{ р-ра} = ?$ $m(\text{H}_2\text{O}) = ?$	$m_1 \text{ р-ра} = \frac{m(\text{NaCl})}{\omega_1} = \frac{60\text{г}}{0,15} = 400\text{г}$
	Находим массу воды, которую надо добавить к 400г 15% раствора для получения 500г 12%-ного раствора
	$m(\text{H}_2\text{O}) = 500\text{г} - 400\text{г} = 100\text{г}$

Ответ:  $m_1 \text{ р-ра} = 400 \text{ г}$ ;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 100\text{г}$

### Типовая задача 4

В 300мл воды растворили 12,5г медного купороса

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Найти массовую долю  $\text{CuSO}_4$  в полученном растворе.

Дано: $V(\text{H}_2\text{O}) = 300\text{мл}$	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ - кристаллогидрат.
$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 12,5\text{г}$	По молярной массе кристаллогидрата и безводной соли можно рассчитать массу безводной соли в данной массе кристаллогидрата
Найти: $\omega(\text{CuSO}_4) = ?$	$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250\text{г/моль}$
	$M(\text{CuSO}_4) = 160\text{г/моль}$
<p>В 250г <math>\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math> содержится 160г <math>\text{CuSO}_4</math></p> <p>В 12,5г <math>\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}</math> содержится X г <math>\text{CuSO}_4</math></p> $X = \frac{12,5\text{г} \cdot 160\text{г}}{250\text{г}} = 8\text{г} \rightarrow m(\text{CuSO}_4) = 8\text{г}$ <p>Масса раствора равна сумме масс воды и растворённого кристаллогидрата: <math>m(\text{р-р}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})</math></p> $m(\text{р-р}) = 300\text{г} + 12,5\text{г} = 312,5\text{г}$ <p>Массовая доля <math>\text{CuSO}_4</math> в растворе равна:</p> $\omega(\text{CuSO}_4) = \frac{m(\text{CuSO}_4)}{m(\text{р-р})} = \frac{8\text{г}}{312,5\text{г}} = 0,0256 (2,56\%)$	

Ответ:  $\omega(\text{CuSO}_4) = 2,56\%$ .

Вопросы для контроля

1. Раствор. Дайте определение.
2. Что такое массовая доля растворённого вещества?
3. Что показывает молярная концентрация раствора?

4. Что показывает нормальная концентрация раствора?
5. Рассчитайте молярную массу эквивалентов угольной кислоты, фосфата алюминия, гидроксида железа (III), оксида серы (VI).

Задачи для самостоятельного решения

1. В 220 г воды растворили 30 г хлорида натрия. Определить массовую долю хлорида натрия в растворе.
2. Сколько граммов гидроксида калия содержится в 0,2 л 20%-ного раствора? Плотность раствора 1,23 г/мл.
3. 3 моль гидроксида натрия растворили в 1 л воды. Определить массовую долю гидроксида натрия в растворе.
4. Какую молярную концентрацию имеет раствор, если 200 мл его содержат 6 г гидроксида натрия?
5. Определить нормальную концентрацию раствора, который содержит 90 г сульфата магния в 250 мл раствора.
6. В каком объёме 3 н (трёхнормального) раствора гидроксида натрия содержится 1,2 г этого основания?
7. К 500 мл 20%-ного раствора гидроксида натрия (плотность равна 1,2 г/мл) прибавили 30 граммов гидроксида натрия. Определить массовую долю гидроксида натрия в полученном растворе.
8. К 200 г 40%-ного раствора хлорида натрия прибавили 100 г воды. Определить массовую долю соли в полученном растворе.
9. Сколько граммов 30%-ного раствора сульфата натрия нужно добавить к 300 г воды, чтобы получить 10%-ный раствор этой соли?
10. К 550 мл 27%-ного раствора гидроксида натрия (плотность равна 1,3 г/мл) прибавили 200 мл воды и 150 г гидроксида натрия. Определить массовую долю щелочи (гидроксида натрия) в полученном растворе.
11. Вычислить: а) массовую долю соли в растворе; б) молярную концентрацию; в) нормальную

- концентрацию раствора, который содержит 232,7 г нитрата кальция в 1л раствора. Плотность раствора 1,16 г/мл.
12. Определить молярную и нормальную концентрации 35%-ного раствора фосфорной кислоты. Плотность раствора 1,22 г/мл.
  13. Определить массовую долю гидроксида натрия в двунормальном растворе этого основания. Плотность раствора 1,08 г/мл.
  14. Найти массовую долю серной кислоты в 5М (пятимолярном) растворе этой кислоты. Плотность раствора 1,29 г/мл.
  15. Сколько граммов  $\text{CoCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  надо взять, чтобы приготовить 100 г раствора с массовой долей хлорида кобальта, равной 15% ?

## **ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Егоров А.С., Попков В.А., Иванченко Н.М. Основы химии для иностранных учащихся подготовительных факультетов (отделений). - М.: Высш. шк., 2005.- 551 с.: ил.

2. Громов Ю.Ю., Дьячкова Т.П., Шеина О.А., Лагутин А.В. Общая химия: Учебное пособие для иностранных граждан, 2005. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/006/38006>

3. Егоров А.С., Дионисьев В.Д.и др. Химия. Пособие-репетитор. Ростов-на-Дону. Издательство «Феникс», 1997. 736 с.