

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА

---

# ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ

*Задачи для самостоятельной работы  
и методические указания к выполнению заданий*

---

САМАРА 1998

Составители: В. И. Костина, Г. А. Алемаскина

УДК 54/ 075/

Новые возможности в решении: Метод. указания/Самар. гос. аэрокосм. ун-т; Сост. В. И. Костина, Г. А. Алемаскина. Самара, 1998. 24 с.

Главная цель работы - научить студентов решать задачи на данную тему. Рассмотрены следующие вопросы: степень диссоциации, константа диссоциации, равновесие ионных равновесий, гидролиз солей, приведение растворимости, а также решение типовых задач. Далее предлагаются задания для самостоятельной аудиторной самостоятельной работы.

Методические указания предназначены для студентов всех факультетов, изучающих дисциплину "Химия". Работа подготовлена на кафедре "Химия".

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва.

Рецензент В. В. Слепушкин

### ВВЕДЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначение	Наименование величины	Единицы измерения
$\alpha$	Степень диссоциации электролита	—, %
$n$	Общее количество растворенного вещества	моль
$n_{\pm}$	Количество растворенного вещества, разпадающегося на ионы	моль
$C_A$	Концентрация /молекул, ионов/	моль/л
$V$	Объем раствора	л, мл
$pH$	Водородный показатель	—
$pOH$	Гидроксидный показатель	—
$K$	Константа диссоциации	—
$SP$	Проведенность раствороности	—

При решении расчетных задач рекомендуется придерживаться следующей последовательности:

1. Привести формулы и зависимости, необходимые для получения ответа задачи.
2. Установить, имеются ли в условии задачи все данные для расчета по этим формулам. Если имеются, решить задачу.
3. Провести промежуточные расчеты, если данных по пункту 2 для решения задачи недостаточно.

При выполнении самостоятельного задания на тему "Ионные равновесия в растворах" необходимо иметь в виду следующее:

1. Количественной характеристикой электролитической диссоциации является степень диссоциации

$$\alpha = \frac{n_{\pm}}{n} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{n_{\pm}}{n} \cdot 100\%. \quad (1)$$

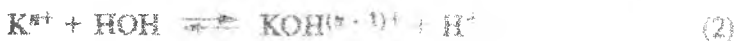
2. В водных растворах электролитов химические реакции протекают с участием ионов.

3. Необходимым условием протекания обменных реакций в растворах электролитов является образование малорастворимых, малодиссоциирующих и газообразных соединений.

4. При составлении ионных уравнений реакций малорастворимые, малодиссоциирующие и газообразные вещества записываются в виде молекул, а сильные электролиты в виде ионов, на которые они диссоциируют.

5. Гидролиз соли — обратимая реакция между ионами соли и ионами воды.

6. Гидролизу подвергаются соли слабых оснований (гидролиз по катиону):



и соли слабых кислот (гидролиз по аниону):



Гидролиз обусловлен образованием малодиссоциирующих частиц  $KOH^{(n-1)+}$  и  $HA^{(n-1)-}$ .

7. Если слабый электролит, образующий соль, диссоциирует ступенчато, то и гидролиз соли идет ступенчато. В обычных условиях гидролиз заканчивается на первой ступени.

8. При гидролизе, как правило, происходит изменение нейтральной среды воды ( $pH = 7$ ) на кислую среду ( $pH < 7$ ) или щелочную ( $pH > 7$ ).

9. Водородный показатель

$$pH = -\lg C_{H^{+}} \quad (4)$$

10. В водных растворах солей, кислот и оснований произведение концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов величина постоянная при данной температуре. Она называется ионным произведением воды. Так при  $25^{\circ}C$ :

$$C_{H^{+}} \cdot C_{OH^{-}} = 10^{-14} \quad (5)$$

11. К равновесию, которое устанавливается в растворе слабого электролита между молекулами и ионами, можно применить законы химического равновесия и записать выражение константы равновесия, которая в данном случае называется константой диссоциации. Например, для диссоциации уксусной кислоты



константы диссоциации и имеет вид

$$K = \frac{C_{H^+} \cdot C_{CH_3COO^-}}{C_{CH_3COOH}}$$

12. Закон разбавления Оствальда показывает связь константы и степени диссоциации:

$$K = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} \quad (6)$$

для очень слабых электролитов более упрощенное выражение

$$K = \alpha^2 C, \quad (7)$$

где  $C$  — молярная концентрация раствора слабого электролита, молекула которого диссоциирует на два иона.

13. При введении в раствор слабого электролита одноименных ионов равновесие нарушается и смещается в направлении образования недиссоциированных молекул, так что степень диссоциации слабого электролита уменьшается.

Так, если в раствор уксусной кислоты (слабый электролит) добавить ацетат натрия (сильный электролит), то повысится концентрация ионов  $CH_3COO^-$  и равновесие



смещается влево, в сторону недиссоциированных молекул  $CH_3COOH$ .

14. Произведение растворимости (ПР) — это произведение концентраций ионов малорастворимого электролита, содержащихся в его насыщенном растворе. ПР при данной температуре является постоянной величиной.

Так для равновесия



можно записать:

$$ПР_{BaSO_4} = C_{Ba^{2+}} \cdot C_{SO_4^{2-}} = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ (при } 25^\circ \text{ C)}$$



$$ПР_{CaF_2} = C_{Ca^{2+}} \cdot C_{F^-}^2$$

Условием образования осадка является превышение произведения концентраций ионов малорастворимого электролита над его произведением растворимости.

Растворение осадка малорастворимого электролита происходит при условии, что произведение концентраций его ионов меньше значения ПР.

### Пример 1

Определить степень диссоциации муравьиной кислоты ( $\text{HCOOH}$ ) в  $0,01 \text{ M}$  растворе, если в  $10^{-3} \text{ л}$  раствора содержится  $6,82 \cdot 10^{18}$  растворенных частиц (молекул и ионов)

#### Анализ задачи

1. Напишем уравнение диссоциации муравьиной кислоты



2. Известно, что в 1 моле вещества содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул (число Авогадро). Следовательно, в  $10^{-3} \text{ л}$   $0,01 \text{ M}$  раствора содержится  $6,02 \cdot 10^{18}$  молекул ( $n$ ).

3. Согласно формуле (1)

$$\alpha = \frac{n_g}{n} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{n_g \cdot 100}{n} \quad \%$$

4. Учитывая, что из одной распавшейся молекулы получается два иона, общее число частиц можно определить из следующего соотношения:

$$(n - n_g) + 2n_g$$

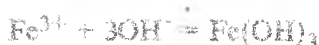
#### Решение

$$6,02 \cdot 10^{18} - n_g + 2n_g = 6,82 \cdot 10^{18}, \quad \text{откуда } n_g = 0,8 \cdot 10^{18}$$

$$\alpha = \frac{0,8 \cdot 10^{18}}{6,02 \cdot 10^{18}} = 0,133 \quad \text{или} \quad 13,3 \%$$

### Пример 2

Написать уравнение в молекулярном виде, которому соответствует ионное уравнение



#### Анализ задачи

1. В левой части ионного уравнения указаны свободные ионы  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{OH}^-$ .

2. Эти ионы образуются при диссоциации растворимых сильных электролитов.

3. Ион  $Fe^{3+}$  может образовываться при диссоциации солей железа (III), например,  $FeCl_3$ .

4. Ионы  $OH^-$  дают сильные щелочи, например,  $KOH$ .

5. Ионы  $Cl^-$  от  $FeCl_3$  и  $K^+$  от  $KOH$  дадут в правой части искомого уравнения соль  $KCl$ .

**Решение**



**Пример 3**

Составить молекулярное и ионное уравнение реакции гидролиза нитрата кадмия.

**Анализ задачи**

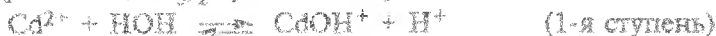
1. Соль  $Cd(NO_3)_2$  образована слабым основанием  $Cd(OH)_2$  и сильной кислотой  $HNO_3$ .

2. Гидролиз идет по катиону  $Cd^{2+}$  (2).

3. Слабое основание диссоциирует ступенчато:



4. Гидролиз  $Cd(NO_3)_2$  будет идти ступенчато:



5. В обычных условиях гидролиз заканчивается на 1-й ступени.

6. Чтобы от ионного уравнения перейти к молекулярному, следует положительные ионы  $CdOH^+$  и  $H^+$  связать с отрицательными ионами  $NO_3^-$ .

**Решение**



**Пример 4**

Определить pH раствора, полученного сливанием 25 мл 0,08 М раствора серной кислоты и 75 мл 0,04 М раствора гидроксида калия.

**Анализ задачи**

1. Водородный показатель pH можно определять по формуле (4).

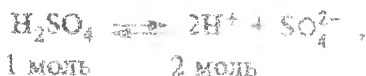
2. Концентрацию ионов водорода  $C_{H^+}$  можно определить, зная количество ионов водорода  $n_{H^+}$  в полученном растворе и общий объем раствора  $V_p$

$$C_{H^+} = \frac{n_{H^+}}{V_p} \quad (8)$$

3. Объем полученного раствора

$$V_p = V_p(H_2SO_4) + V_p(KOH) \quad (9)$$

4. Количество ионов водорода  $n_{H^+}$  определяем из уравнения диссоциации серной кислоты



откуда

$$n_{H^+} = 2n_{H_2SO_4} \quad (10)$$

5. Количество серной кислоты, оставшееся после реакции со щелочью,  $n_{H_2SO_4}$  можно найти по разности между количеством кислоты до реакции  $n^1_{H_2SO_4}$  и количеством кислоты, израсходованным в результате реакции  $n^2_{H_2SO_4}$ :

$$n_{H_2SO_4} = n^1_{H_2SO_4} - n^2_{H_2SO_4} \quad (11)$$

6. Количество серной кислоты до реакции можно найти как

$$n^1_{H_2SO_4} = C_M(H_2SO_4) \cdot V_p(H_2SO_4) \quad (12)$$

7. Количество израсходованной кислоты  $n^2_{H_2SO_4}$  можно найти из уравнения реакции



откуда  $n^2_{H_2SO_4} = \frac{n_{KOH}}{2} \quad (13)$

8. Количество гидроксида калия  $n_{KOH}$  находившееся в добавленном растворе, находим, используя соотношение

$$n_{KOH} = C_M(KOH) \cdot V_{p(KOH)} \quad (14)$$

9. Подставив (14) в (13), (13) и (12) в (11), (11) в (10), (10) и (9) в (8), (8) в (4), получим ответ задачи.



Решение

$$C_{M(H_2SO_4)} = 0,08 \text{ моль / л; } V_{P(H_2SO_4)} = 0,025 \text{ л;}$$

$$C_{M(KOH)} = 0,04 \text{ моль / л; } V_{P(KOH)} = 0,075 \text{ л.}$$

$$1. n_{KOH} = C_{MKOH} \cdot V_{PKOH} = 0,04 \cdot 0,075 = 0,003 \text{ моль.}$$

$$2. n_{H_2SO_4}^* = \frac{n_{KOH}}{2} = \frac{0,003}{2} = 0,0015 \text{ моль.}$$

$$3. n_{H_2SO_4} = C_{MH_2SO_4} \cdot V_{PH_2SO_4} = 0,08 \cdot 0,025 = 0,002 \text{ моль.}$$

$$4. n_{H_2SO_4} = n_{H_2SO_4}^* - n_{H_2SO_4} = 0,002 - 0,0015 = 0,0005 \text{ моль.}$$

$$5. V_p = V_{M(H_2SO_4)} + V_{P(KOH)} = 0,025 + 0,075 = 0,1 \text{ л.}$$

$$6. n_{H^+} = 2n_{H_2SO_4} = 0,0005 \cdot 2 = 0,001 \text{ моль.}$$

$$7. C_{H^+} = \frac{n_{H^+}}{V_p} = \frac{0,001}{0,1} = 0,01 \text{ моль / л.}$$

$$8. pH = -\lg C_{H^+} = -\lg 10^{-2} = 2.$$

### Пример 5

Степень диссоциации гидроксида аммония в 0,1 молярном растворе равна 0,003.

Определить pH этого раствора.

#### Анализ задачи

1. Водородный показатель pH находим по формуле (4).

2. Концентрацию ионов водорода  $C_{H^+}$  находим из соотношения (5):

$$C_{H^+} = \frac{10^{-14}}{C_{OH^-}} \quad (15)$$

3. Гидроксид аммония диссоциирует по уравнению



следовательно, концентрацию гидроксид-ионов  $C_{OH^-}$  можно найти, используя соотношение (1):

$$C_{OH^-} = C_{M(NH_4OH)} \cdot \alpha. \quad (16)$$

4. Подставив (16) в (15), (15) в (4), получим ответ задачи.

Решение

$$C_{M(NH_4OH)} = 0,1 \text{ моль / л}; \alpha = 0,003.$$

$$1. C_{OH^-} = C_M \cdot \alpha = 0,1 \cdot 0,003 = 0,0003 \text{ моль / л}.$$

$$2. C_{H^+} = \frac{10^{-14}}{C_{OH^-}} = \frac{10^{-14}}{3 \cdot 10^{-4}} = 3,33 \cdot 10^{-11} \text{ моль / л};$$

$$3. pH = -\lg C_{H^+} = -\lg 3,33 \cdot 10^{-11} = 10,5.$$

### Пример 6

Определить степень диссоциации сероводородной кислоты по первой ступени в 0,1 М растворе, если константа диссоциации для этой ступени ( $K_1$ ) равна  $1,1 \cdot 10^{-7}$ .

Анализ задачи

Используя упрощенное выражение закона разбавления Оствальда, можем записать

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_1}{C}}$$

Решение

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,1 \cdot 10^{-7}}{0,1}} = \sqrt{1,1 \cdot 10^{-6}} = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ или } 0,105 \%$$

Пример 7. Определить концентрацию ионов  $OH^-$  в 0,01 М растворе гидроксида аммония, если константа диссоциации равна  $1,77 \cdot 10^{-5}$ .

Анализ задачи

1. Концентрация ионов  $C_{ион}$  в растворе электролита зависит от молярной концентрации электролита  $C$ , его степени диссоциации  $\alpha$  и числа ионов  $n$  данного вида, получаемых при диссоциации молекулы электролита, т.е.

$$C_{ион} = C \cdot \alpha \cdot n$$

2. Учитывая что  $\alpha = \sqrt{\frac{K}{C}}$ , можно записать

$$C_{ион} = \sqrt{K \cdot C} \cdot n$$

3. Из уравнения диссоциации



следует, что  $n = 1$ , так как из одной диссоциированной молекулы  $\text{NH}_4\text{OH}$  получается один ион  $\text{OH}^-$ .

Решение

$$C_{\text{OH}^-} = \sqrt{1,77 \cdot 10^{-5} \cdot 10^{-2}} = 4,2 \cdot 10^{-4} \text{ моль / л.}$$

### Пример 8

Как изменится концентрация ионов водорода в 0,2 М растворе муравьиной кислоты ( $\text{HCOOH}$ ), если к 1 л этого раствора добавить 0,1 моль соли  $\text{HCOONa}$ ? Считать, что  $\alpha_{\text{HCOONa}} = 100\%$ , а  $K_{\text{HCOOH}} = 1,8 \cdot 10^{-4}$ .

Анализ и решение задачи

Запишем уравнения диссоциации кислоты и соли:



Исходную концентрацию ионов  $\text{H}^+$  найдём по уравнению

$$C_{\text{H}^+} = \sqrt{K \cdot C} = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ моль / л.}$$

Концентрацию ионов  $\text{H}^+$  после добавления соли обозначим через  $x$ . Тогда концентрация недиссоциированных молекул кислоты будет  $0,2 - x$ . Концентрация ионов  $\text{HCOO}^-$  складается из концентрации, создаваемой диссоциацией молекул кислоты ( $x$ ), и концентрации, создаваемой диссоциацией соли ( $0,1$ ). Следовательно,  $C_{\text{HCOO}^-} = 0,1 + x$ . Подставим значения концентраций в выражение  $K$  диссоциации:

$$K = \frac{C_{\text{H}^+} \cdot C_{\text{HCOO}^-}}{C_{\text{HCOOH}}} = \frac{x(0,1 + x)}{0,2 - x} = 1,8 \cdot 10^{-4}.$$

Это выражение можно упростить. Учитывая, что исходная концентрация ионов  $\text{H}^+$   $6 \cdot 10^{-3}$ , а  $x$  ещё меньше по сравнению с  $0,1$  и  $0,2$ , то значением  $x$  можно пренебречь. Тогда получим

$$\frac{0,1x}{0,2} = 1,8 \cdot 10^{-4}; \quad x = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ моль / л.}$$

$$\frac{C_{H^+}(\text{исходн.})}{C_{H^+}(\text{конечн.})} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{3,6 \cdot 10^{-4}} = 16,6.$$

Ответ: уменьшится в 16,6 раза.

### Пример 9

Произведение растворимости  $BaF_2$  при  $18^\circ C$  равно  $1,7 \cdot 10^{-6}$ . Определить растворимость фторида бария в моль/л и г/л при данной температуре, а также концентрации ионов  $Ba^{2+}$  и  $F^-$  в насыщенном растворе.

#### Анализ задачи

1. Запишем уравнения диссоциаций  $BaF_2$  и ПР:



$$ПР = C_{Ba^{2+}} \cdot C_{F^-}^2.$$

2. Из уравнения диссоциации видим, что концентрация ионов  $Ba^{2+}$  равна концентрации растворённых молекул  $BaF_2$ , а концентрация ионов  $F^-$  в 2 раза больше, чем ионов  $Ba^{2+}$ . Следовательно,

$$C_{F^-} = 2C_{Ba^{2+}}.$$

$$3. ПР = C_{Ba^{2+}} (2C_{Ba^{2+}})^2 = 4C_{Ba^{2+}}^3.$$

#### Решение

$$C_{Ba^{2+}} = \sqrt[3]{\frac{ПР}{4}} = \sqrt[3]{\frac{1,7 \cdot 10^{-6}}{4}} = 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л};$$

$$C_{F^-} = 2 \cdot 0,75 \cdot 10^{-2} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ моль / л};$$

Растворимость  $BaF_2$  равна  $0,75 \cdot 10^{-2}$  моль/л или

$$0,75 \cdot 10^{-2} \cdot M_{BaF_2} = 0,75 \cdot 10^{-2} \cdot 175 = 1,3 \text{ г/л}.$$

### Пример 10

Произведение растворимости  $MgS$  при  $25^\circ C$  равно  $2 \cdot 10^{-15}$ . Выпадет ли осадок  $MgS$  при смешивании равных объёмов  $0,002 M Mg(NO_3)_2$  и  $0,0003 M Na_2S$ ? Составьте диссоциацию этой электролитов принять равными 1.

### Анализ и расчетные задания

После смешения растворов концентрация каждой соли стала вдвое меньше, т.е.

$$C_{Mg(NO_3)_2} = 0,001 \text{ моль / л};$$

$$C_{Na_2S} = 0,00015 \text{ моль / л}.$$

Учитывая уравнения диссоциации



можем записать:

$$C_{Mg^{2+}} = 0,001 \text{ моль / л};$$

$$C_{S^{2-}} = 0,00015 \text{ моль / л}.$$

Найдем произведение этих концентраций

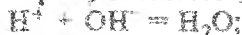
$$C_{Mg^{2+}} \cdot C_{S^{2-}} = 0,001 \cdot 0,00015 = 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 10^{-4} = 1,5 \cdot 10^{-7} > \text{ПР},$$

следовательно, осадок образуется.

### Задание 1

1. К 100 мл раствора соляной кислоты, имеющего рН 2, прибавляя избыток нитрата серебра. Сколько граммов осадка было получено?

2. Какие пары ионов можно использовать при составлении молекулярного уравнения, которому соответствует ионное уравнение



- 1)  $SO_4^{2-}$  и  $Mg(OH)_2$ ;                      2)  $NO_3^-$  и  $Ba^{2+}$ ;  
3)  $Cl^-$  и  $Sn^{2+}$ ;                              4)  $CO_3^{2-}$  и  $Na^+$  ?

Составить молекулярное уравнение.

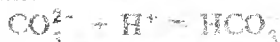
3. Составить уравнение реакции гидролиза нитрата алюминия по второй ступени. Как можно усилить гидролиз этой соли?

4. Степень диссоциации угольной кислоты по первой ступени в 0,1 М растворе равна  $2,1 \cdot 10^{-3}$ . Вычислить  $K_1$ .

### Задание 2

1. В 100 мл раствора содержится 0,0365 г хлороводорода. Вычислить рН этого раствора.

2. Написать два уравнения в молекулярном виде, которым соответствует ионное уравнение



3. Составить молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза сульфита натрия. Как можно уменьшить гидролиз этой соли?

4. При какой концентрации раствора степень диссоциации азотистой кислоты будет равна 0,2, если константа диссоциации  $4 \cdot 10^{-4}$ ?

#### Задача 3

1. Вычислить значение pH раствора, полученного при смешении 10 мл 0,1 молярного раствора соляной кислоты и 5 мл 0,2 молярного раствора гидроксида калия.

2. Написать уравнения в молекулярной и ионной форме для реакции взаимодействия оксида меди (II) и серной кислоты.

3. Подобрать два уравнения в молекулярном виде к ионному уравнению  $\text{Cr}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CrOH}^{2+} + \text{H}^+$ . Как можно усилить гидролиз?

4. Чему равна концентрация ионов водорода в водном растворе муравьиной кислоты ( $\text{HCOOH}$ ), если  $\alpha = 0,03$ , а  $K = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ?

#### Задача 4

1. В 50 мл раствора содержится 0,01 г кальция в виде гидроксида кальция. Определить pH раствора.

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции получения сульфида железа (II).

3. Написать молекулярное и ионное уравнения гидролиза солей, дающей кислую реакцию среды.

4. При какой концентрации муравьиной кислоты ( $\text{HCOOH}$ ) 98 % ее молекул будут находиться в недиссоциированном состоянии, если  $K = 1,77 \cdot 10^{-4}$ ?

#### Задача 5

1. Сколько граммов гидроксида калия содержится в 250 мл раствора, pH которого 12?

2. Написать уравнения реакции гидроксида цинка и серной кислоты, в результате которой образуется солевая соль, в молекулярном и ионном видах.

3. Привести два примера солей, гидролиз которых протекает полностью (до конца). Написать уравнения реакции гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде

4. Константа диссоциации фосфорной кислоты по первой ступени равна  $7,11 \cdot 10^{-3}$ . Пренебрегая диссоциацией по другим ступеням, вычислить концентрацию ионов водорода в 0,5 М растворе.

#### Задача 6

1. Определить pH 0,01 нормального раствора гидроксида аммония, если степень диссоциации 0,01.

2. Написать в молекулярном и ионном виде уравнения реакции фосфорной кислоты с гидроксидом кальция, в результате которой образуется кислая соль.

3. Составить уравнения реакции гидролиза сульфата меди по первой ступени (в молекулярном и ионном виде). Как можно усилить гидролиз этой соли?

4. Как изменится концентрация ионов  $H^+$ , если к 1 л 0,005 М раствора уксусной кислоты добавить 0,05 моль ацетата натрия?  $K_{ац,соп} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

#### Задача 7

1. Определить pH раствора, полученного сливанием 25 мл 0,2 нормального раствора соляной кислоты и 25 мл 0,1 нормального раствора гидроксида натрия.

2. Написать в молекулярном и ионном виде уравнения реакции растворения карбоната кальция в азотной кислоте.

3. Написать в молекулярном и ионном виде уравнения реакции гидролиза соли, в результате которого pH раствора  $< 7$ .

4. Вычислить концентрацию ионов  $OH^-$  в растворе, содержащем смесь  $NH_4OH$  и  $NH_4Cl$  с концентрациями 0,1 и 1 моль/л соответственно, если  $K_{ац,соп} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

#### Задача 8

1. Определить концентрацию (моль/л) ионов кальция в растворе гидроксида кальция, если pH раствора 11.

2. Привести пример реакции обмена, в результате которой можно получить азотную кислоту. Напишите уравнения реакций в ионном и молекулярном виде.

3. Написать уравнения реакции гидролиза хлорида алюминия по первой ступени в молекулярном и ионном виде. Как можно уменьшить гидролиз этой соли?

4. Рассчитать концентрацию ионов  $\text{NH}_4^+$  в растворе, 1 л которого содержит 1 моль уксусной кислоты и 0,1 моль соляной кислоты, если  $\alpha_{\text{HCl}} = 100\%$ , а  $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

#### Задача 9

1. Определить pH раствора, полученного смешением равных объемов 0,4 мольярного раствора гидроксида калия и 0,6 мольярного раствора соляной кислоты.

2. Написать в молекулярном и ионном виде уравнения реакции обмена, в результате которой образуется сульфат свинца.

3. Привести пример гидролиза соли, при котором  $\text{pH} > 7$ . Написать уравнения гидролиза в молекулярном и ионном виде.

4. Как изменится концентрация ионов водорода в 0,1 М растворе циановой кислоты, если к 1 л раствора добавить 0,1 моль цианида натрия.  $\alpha_{\text{NaCN}} = 85\%$ ,  $K_{\text{HCN}} = 4,9 \cdot 10^{-10}$ .

#### Задача 10

1. Как изменится pH 0,1 мольярного раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , если его вдвое разбавить водой?

2. По ионной схеме  $\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{FeS}$  составить два уравнения в молекулярном виде.

3. Написать в молекулярном и ионном виде уравнения реакции гидролиза карбоната калия по первой ступени. Как можно уменьшить гидролиз этой соли?

4. Как изменится концентрация ионов  $\text{OH}^-$  в 1 М растворе гидроксида аммония, если к 5 л раствора добавить 26,75 г хлорида аммония.  $\alpha_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 85\%$ ,  $K_{\text{NH}_4\text{OH}} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

#### Задача 11

1. Определить pH 0,1 нормального раствора сильной кислоты, если степень диссоциации 0,0001.

2. Составить молекулярные уравнения двух реакций, которым отвечало бы ионное уравнение



3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакций гидролиза нитрата хрома (III) по первой ступени. Как можно усилить гидролиз этой соли?



4. К 800 мл 0,2 М раствора циановой кислоты прибавили 400 мл 0,5 М раствора соляной кислоты. Вычислить концентрацию ионов  $CN^-$  в полученном растворе, считая, что  $\alpha_{HCl} = 100\%$ ,  $K_{HCN} = 7,2 \cdot 10^{-10}$ .

#### Задача 12

1. Смешали равные объёмы 0,2 молярного раствора соляной кислоты и 0,2 молярного раствора гидроксида бария. Определить pH полученного раствора.

2. Написать молекулярное и ионное уравнения обменной реакции получения сероводорода.

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза силиката натрия по первой и второй ступеням.

4. Какова концентрация ионов  $CN^-$  в 1 л 0,01 М раствора циановой кислоты, в котором ещё содержится 0,5 моль  $HBr$ ?

$$\alpha_{HBr} = 89,8\%, K_{HCN} = 4,9 \cdot 10^{-10}.$$

#### Задача 13

1. Для нейтрализации 250 мл раствора соляной кислоты с pH 3 потребовалось 5 мл раствора гидроксида бария. Определить нормальную концентрацию раствора щёлочи.

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции обмена, в результате которой образуется дигидрофосфат железа (II).

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза нитрата свинца. Как можно уменьшить гидролиз этой соли?

4.  $Pr_{FeI_2}$  при  $15^\circ C$  равно  $8,7 \cdot 10^{-9}$ . Вычислить концентрацию ионов  $Pb^{2+}$  и  $I^-$  в насыщенном растворе  $PbI_2$  при этой температуре.

#### Задача 14

1. Определить степень диссоциации угольной кислоты в 0,2 нормальном растворе с pH 5?

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции растворения гидроксида цинка в щёлочи.

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза борада натрия по второй ступени. Как можно уменьшить гидролиз этой соли?

4.  $Pr_{Ca_3(PO_4)_2}$  при некоторой температуре  $10^{-25}$ . Вычислить концентрации ионов  $Ca^{2+}$  и  $PO_4^{3-}$  в насыщенном растворе этой соли.

### Задание 15

1. 0,01 нормальный раствор гидроксида аммония имеет рН 10. Определить степень диссоциации гидроксида аммония.

2. Привести пример гидролиза соли в по катиону и по аниону.

3. Составить молекулярные уравнения двух реакций, которым отвечало бы ионное уравнение



4.  $\text{IP}_{\text{Ag}_2\text{CO}_3} = 6,15 \cdot 10^{-12}$ . Определить растворимость карбоната серебра в моль/л и г/л.

### Задание 16

1. Концентрация ионов гидроксида в растворе была увеличена в 10 раз. На сколько изменился рН раствора?

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции образования хлорида дигидроксоурона (III).

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза сульфида аммония.

4. Насыщенный раствор сульфата свинца объемом 3 л содержит 0,132 г соли. Вычислить  $\text{IP}_{\text{PbSO}_4}$ .

### Задание 17

1. Во сколько раз и каких ионов надо увеличить в растворе кислоты, чтобы рН увеличился на 1?

2. Какие пары ионов нужно использовать при составлении молекулярного уравнения, которому соответствует ионное уравнение



1)  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Ba}^{2+}$ ,

2)  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$ ,

3)  $\text{I}^-$  и  $\text{H}^+$ ,

4)  $\text{NO}_3^-$  и  $\text{H}^+$ ?

3. Написать уравнение реакции гидролиза сульфата железа (III) по второй ступени. Как можно уменьшить гидролиз этой соли?

4. Насыщенный раствор  $\text{AgIO}_3$  объемом 3 л содержит в виде ионов 0,176 г серебра. Вычислить  $\text{IP}_{\text{AgIO}_3}$ .

### Задание 18

1. Какой объем 0,4 мольного раствора гидроксида калия надо добавить к 100 мл 0,6 мольного раствора соляной кислоты, чтобы рН полученного раствора был 1?

2. Написать молекулярные и ионные уравнения реакции растворения гидроксида хрома (III) в серной кислоте.

3. Написать молекулярные и ионные уравнения гидролиза соли, дающей щелочную реакцию среды.

4.  $PP_{Ag_2CO_3}$  равна  $1,8 \cdot 10^{-18}$ . В каком объёме насыщенного раствора содержится 0,05 г растворённой соли.

#### Задание 19

1. Определить нормальную концентрацию раствора синильной кислоты, имеющего pH 5, если степень диссоциации равна 0,0001.

2. Составить молекулярные уравнения двух реакций, которым отвечало бы ионное уравнение



3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза сульфита калия. Как можно усилить гидролиз этой соли?

4. Растворимость карбоната кальция при  $35^\circ C$  равна  $6,9 \cdot 10^{-5}$  моль/л. Вычислить  $PP_{CaCO_3}$  при этой температуре

#### Задание 20

1. При добавлении к 100 мл раствора соляной кислоты избытка нитрата серебра было получено 0,1435 г осадка. Определить pH раствора соляной кислоты.

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции образования гидрофосфата натрия

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза бората калия по первой ступени. Как можно усилить гидролиз этой соли?

4. Вычислить  $PP_{PbCl_2}$  при  $25^\circ C$ , если растворимость соли при этой температуре равна  $1,32 \cdot 10^{-2}$  моль/л.

#### Задание 21

1. При смешивании 10 мл 0,1 молярного раствора соляной кислоты и 5 мл гидроксида бария получили раствор с pH 7. Определить молярную концентрацию взятого раствора гидроксида бария.

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидросульфида натрия и серной кислоты

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза фосфата аммония

4. В 500 мл воды при 18° С растворяется 0,0166 г хромата серебра ( $\text{Ag}_2\text{CrO}_4$ ). Чему равно  $\text{PР}$  этой соли при данной температуре?

### Задача 22

1. Слили 20 мл 0,3 молярного раствора соляной кислоты и 20 мл 0,1 молярного раствора гидроксида калия. Определить  $\text{pH}$  полученного раствора.

2. Составить молекулярные уравнения двух реакций, которым отвечало бы ионное уравнение



3. Написать молекулярное и ионное уравнения гидролиза сульфата аммония. Как можно уменьшить гидролиз этой соли?

4. Образуется ли осадок сульфата серебра, если к 0,02 М раствору нитрата серебра добавить равный объем 0,5 М раствора серной кислоты?  $\text{PР}_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = 2 \cdot 10^{-5}$ .

### Задача 23

1. Во сколько раз надо разбавить 0,05 молярный раствор серной кислоты, чтобы  $\text{pH}$  уменьшился на 2?

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидрокарбоната натрия и азотной кислоты.

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза сульфида магния.

4. Выпадет ли осадок сульфата кальция, если к 0,1 л 0,01 М раствора нитрата кальция прибавить 0,4 л 0,0005 М серной кислоты?

$\text{PР}_{\text{CaSO}_4} = 6,1 \cdot 10^{-5}$ ;  $\alpha_{\text{Ca}(\text{NO}_3)_2}$  и  $\alpha_{\text{H}_2\text{SO}_4}$  равны 95%.

### Задача 24

1. Определить степень диссоциации гидроксида аммония в 0,01 нормальном растворе,  $\text{pH}$  которого 10.

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции образования кислой соли (дигидроарсенат калия).

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза нитрата аммония по первой ступени. Как можно усилить гидролиз этой соли?

4. К 50 мл 0,001 М раствора соляной кислоты добавили 450 мл 0,0001 М раствора нитрата серебра. Выпадет ли осадок хлорида серебра?  $\text{PР}_{\text{AgCl}} = 1,8 \cdot 10^{-10}$ .

### Задача 25

1. Сколько граммов гидроксида кальция должно содержаться в 500 мл раствора с pH 8?

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции взаимодействия бората натрия с серной кислотой.

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза фосфата натрия по первой ступени.

4. Образуется ли осадок хлорида свинца (II), если к 0,05 М раствору нитрата свинца добавить равный объем 0,2 М раствора хлорида натрия?  $K_{\text{PbCl}_2} = 2 \cdot 10^{-2}$

### Задача 26

1. Какой объем 0,05 нормального раствора гидроксида бария потребуется для нейтрализации 250 мл раствора соляной кислоты с pH 3?

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции взаимодействия гидрокарбоната бария с серной кислотой.

3. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза сульфата железа (III) по первой ступени. Как можно усилить гидролиз этой соли?

4. Сколько растворенных частиц (молекул и ионов) содержится в 1 л 0,0001 М раствора циановой кислоты, если  $K_{\text{HCN}} = 4,9 \cdot 10^{-10}$ .

### Задача 27

1. Сколько граммов серной кислоты содержится в 50 мл раствора этой кислоты с pH 3?

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции растворения гидроксида алюминия в растворе щелочи.

3. Привести пример гидролиза соли по катиону.

4. Вычислить  $\alpha_{\text{Ni}^{2+}}$  в 1 М растворе, если в 1 л его содержится  $6,045 \cdot 10^{24}$  растворенных частиц.

### Задача 28

1. Смешали 2 л раствора, содержащего 0,04 г гидроксида натрия, и 0,5 л раствора, содержащего 0,112 г гидроксида калия. Определить pH полученного раствора.

2. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции образования сульфата гидроксижелеза (II).

3. Привести пример гидролиза соли по аниону.

4. Молекула слабого электролита диссоциирует на два иона,  $\alpha = 1\%$ . Чему равно число ионов в 1 л 0,1 М раствора этого электролита?

#### Задача 29

1. Какой объём 0,01 мольного раствора гидроксида бария потребуется для нейтрализации 200 мл раствора с pH 3?

2. Привести пример реакции обмена, в результате которой можно получить соляную кислоту. Написать уравнения реакции в молекулярном и ионном виде.

3. Написать уравнение реакции гидролиза сульфата железа (III) по первой ступени. Как можно усилить гидролиз этой соли?

4. В 0,01 н растворе одноосновной кислоты pH равно 4. Какая эта кислота, сильная или слабая?

#### Задача 30

1. Определить степень диссоциации плавиководородной кислоты в 0,01 нормальном её растворе, pH которого 4.

2. Написать в молекулярном и ионном виде ряд последовательных уравнений реакции, в результате которых из нитрата меди (II) можно получить оксид меди (II).

3. После растворения какой из солей - нитрата бария, нитрата алюминия или сульфида натрия, pH раствора станет больше 7?

4. Чему равно число недиссоциированных молекул муравьиной кислоты в 0,2 М растворе, если  $\alpha_{\text{диссоц}} = 3\%$ ?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Плякина Ю. П. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Химия, 1980, и др.
2. Романцова Л. М., Кошница Г. Л., Сухинов В. А. Сборник задач и упражнений по общей химии. М.: Высшая школа, 1991.
3. Абкин Г. Л. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Высшая школа, 1968, и др.
4. Гольбрайх З. Е. Сборник задач и упражнений по химии. М.: Высшая школа, 1976, и др.

## ИОННЫЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ

Составитель: Евгения Владимировна Ивашкина,  
Александровна Гелена Александровна

Редактор Т. К. Кретьякина  
Техн. редактор Г. А. Усачева  
Корректор Т. И. Щелкова

Подписано в печать 30.07.98. Формат 60x84  $\frac{1}{16}$ .

Бумага газетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 1,39. Усл. кр.-отл. 1,51. Уч.-изд. л. 1,5.

Тираж 200 экз. Заказ 88. Аул С-11/98 г.

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С.П.Королёва  
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

ИИО Самарского государственного  
аэрокосмического университета  
443001 Самара, ул. Молдагалиевой, 151.