

**№ 4584**

**54  
X 465**

# **ХИМИЯ**

**Сборник индивидуальных заданий**

**НОВОСИБИРСК  
2016**

# ХИМИЯ

Сборник индивидуальных заданий  
для самостоятельной работы студентов,  
обучающихся по техническим направлениям  
и специальностям, дневной формы обучения

НОВОСИБИРСК  
2016

УДК 54(07)  
X 465

Составители: *А.И. Апарнев*, канд. хим. наук, доцент  
*Р.Е. Синчурина*, ассистент

Рецензент *Т.П. Александрова*, канд. хим. наук, доцент

Работа подготовлена  
на кафедре химии и химической технологии

© Новосибирский государственный  
технический университет, 2016

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Тема 1. Закон эквивалентов Окислительно-восстановительные реакции .....	5
Тема 2. Электронное строение атома и периодическая система элементов Д.И. Менделеева .....	8
Тема 3. Основные закономерности протекания химических процессов .....	10
Тема 4. Кинетика химических процессов и химическое равновесие .....	11
Тема 5. Растворы электролитов .....	14
Тема 6. Общие свойства растворов .....	19
Тема 7. Коллоидные растворы .....	21
Тема 8. Комплексные соединения .....	25
Тема 9. Электрохимические процессы .....	27
Список литературы .....	34
Приложения .....	35

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Выполнение индивидуальных заданий дает возможность проверить уровень усвоения основных разделов курса химии. Предлагаемые задания являются составной частью учебно-методического комплекса по дисциплине «Химия». Необходимые справочные данные приведены в приложении. Студенту выдается определенное число заданий по темам, номер варианта соответствует номеру в журнале группы. Задания выполняются в письменной форме в отдельной тетради (или на отдельных листах) и сдаются преподавателю в сроки, указанные в календарном плане учебного процесса.

## Тема 1

### ЗАКОН ЭКВИВАЛЕНТОВ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

*Задание 1.* Даны массы двухвалентного металла ( $m_{\text{Me}}$ ), его оксида ( $m_{\text{O}}$ ) и сульфида ( $m_{\text{S}}$ ) (см. вариант в табл. 1).

Таблица 1

Номер варианта	Задание 1			Задание 2		Номер варианта	Задание 1			Задание 2	
	$m_{\text{Me}}$ , г	$m_{\text{O}}$ , г	$m_{\text{S}}$ , г	$m_{\text{Me}}$ , г	$V_{\text{O}_2}$ , л		$m_{\text{Me}}$ , г	$m_{\text{O}}$ , г	$m_{\text{S}}$ , г	$m_{\text{Me}}$ , г	$V_{\text{O}_2}$ , л
1	3,01	3,56	4,11	17,9	1,46	16	2,98	4,17	5,36	5,44	1,52
2	3,22	4,01	4,80	9,4	1,61	17	3,22	3,93	4,64	16,56	1,65
3	2,58	3,23	3,88	6,6	3,04	18	3,99	4,59	5,19	4,4	5,47
4	3,07	3,95	4,83	7,9	1,01	19	3,65	4,29	4,93	3,3	1,52
5	4,07	5,18	6,29	9,8	1,87	20	3,72	4,25	4,78	10,36	0,56
6	3,88	5,01	6,14	11,4	2,01	21	3,94	4,66	5,38	4,98	0,95
7	2,98	3,21	3,44	6,6	3,04	22	2,86	3,56	4,26	21,85	1,22
8	3,34	3,79	4,24	5,8	1,62	23	4,41	5,52	6,63	10,64	1,12
9	2,74	3,13	3,52	11,4	0,93	24	2,27	2,92	3,57	8,18	3,77
10	2,51	2,71	2,91	4,9	0,84	25	2,31	2,94	3,57	15,88	2,03
11	3,17	3,43	3,69	10,84	1,08	26	2,14	2,66	3,19	7,3	2,04
12	3,35	3,74	4,13	15,8	2,02	27	3,24	4,53	5,82	3,46	0,81
13	4,59	5,28	5,97	9,15	1,47	28	3,28	3,72	4,16	10,91	3,03
14	3,74	4,99	6,24	7,42	1,41	29	4,28	4,89	5,5	9,92	0,79
15	3,66	6,07	8,48	5,05	0,89	30	4,61	6,05	7,49	5,02	0,41

Рассчитайте молярные массы эквивалентов металла, серы, оксида и сульфида металла. Установите и запишите химические формулы веществ.

*Задание 2.* Даны масса двухвалентного металла ( $m_{\text{Me}}$ ) и объем кислорода ( $V_{\text{O}_2}$ ), затраченного на его окисление при н.у. (см. вариант в табл. 1).

Рассчитайте молярную массу эквивалентов металла, молярную массу металла и назовите металл.

*Задание 3.* Дана схема реакции (см. вариант в табл. 2):

1) определите степень окисления атомов элементов, меняющих ее в процессе реакции;

2) составьте электронный баланс с учетом принципа равенства числа отдаваемых и принимаемых электронов, укажите процессы окисления и восстановления;

3) запишите множители в уравнение окислительно-восстановительной реакции как основные стехиометрические коэффициенты;

4) подберите стехиометрические коэффициенты остальных участников реакции;

5) выпишите формулы вещества – окислителя и восстановителя, рассчитайте их молярные массы эквивалентов.

Т а б л и ц а 2

Номер варианта	Схема реакции
1	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaBr} + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
2	$\text{KMnO}_4 + \text{HNO}_2 \rightarrow \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
3	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
4	$\text{HNO}_3 + \text{CaI}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{I}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
5	$\text{FeSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
6	$\text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$
7	$\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
8	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
9	$\text{HNO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_3 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
10	$\text{SnSO}_4 + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Sn}(\text{SO}_4)_2 + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
11	$\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{NaI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{I}_2 + \text{NaOH} + \text{KOH}$

Номер варианта	Схема реакции
12	$\text{HNO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
13	$\text{CaH}_2 + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
14	$\text{KBr} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Br}_2 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
15	$\text{I}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
16	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{CrO}_4 + \text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
17	$\text{FeCl}_2 + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_3 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
18	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
19	$\text{HCl} + \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{CrCr}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
20	$\text{NaNO}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaNO}_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
21	$\text{HI} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HIO}_3 + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
22	$\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{SnCl}_4 + \text{CrCl}_3 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
23	$\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 \rightarrow \text{MnO}_2 + \text{S} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$
24	$\text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
25	$\text{Cl}_2 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KCl} + \text{KBrO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
26	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{S} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
27	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{KIO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
28	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
29	$\text{KI} + \text{KBrO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{I}_2 + \text{KBr} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
30	$\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$



## Тема 2

### ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ АТОМА И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

*Задание.* Для подчеркнутого элемента, атом которого образует молекулу (см. вариант в табл. 3):

1) напишите электронную формулу, подчеркните валентные электроны и определите семейство;

2) распределите валентные электроны по энергетическим ячейкам для атома, находящегося в основном и возбужденном состояниях; определите возможную валентность атома в каждом состоянии;

3) укажите значения квантовых чисел для валентных электронов атома, находящегося в основном состоянии;

4) объясните связь электронного строения атома элемента с его положением в периодической системе (период, группа, подгруппа);

5) определите степени окисления элементов в молекуле;

6) составьте электронную формулу для центрального атома в молекуле, находящегося в соответствующей степени окисления;

7) охарактеризуйте окислительно-восстановительную способность атома элемента с заданной степенью окисления.

Таблица 3

Номер варианта	Формула молекулы	Номер варианта	Формула молекулы	Номер варианта	Формула молекулы
1	<u>I</u> <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	11	<u>Se</u> F <sub>6</sub>	21	<u>Ge</u> O <sub>2</sub>
2	<u>In</u> I <sub>3</sub>	12	<u>Si</u> Br <sub>4</sub>	22	<u>Cl</u> F <sub>3</sub>
3	<u>Sn</u> Cl <sub>2</sub>	13	<u>Sb</u> Br <sub>3</sub>	23	<u>B</u> Cl <sub>3</sub>
4	<u>Si</u> Cl <sub>4</sub>	14	<u>Br</u> F <sub>5</sub>	24	<u>Ca</u> H <sub>2</sub>

Окончание табл. 3

Номер варианта	Формула молекулы	Номер варианта	Формула молекулы	Номер варианта	Формула молекулы
5	<u>Br</u> F <sub>3</sub>	15	<u>P</u> Br <sub>3</sub>	25	<u>Si</u> F <sub>4</sub>
6	<u>As</u> Cl <sub>3</sub>	16	<u>I</u> F <sub>5</sub>	26	<u>Ga</u> Cl <sub>3</sub>
7	<u>P</u> Cl <sub>5</sub>	17	<u>Pb</u> Cl <sub>2</sub>	27	<u>P</u> H <sub>3</sub>
8	<u>Al</u> N	18	<u>Zr</u> Cl <sub>4</sub>	28	<u>V</u> Cl <sub>2</sub>
9	<u>K</u> <u>Br</u>	19	<u>Y</u> <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	29	<u>P</u> I <sub>3</sub>
10	<u>I</u> Cl <sub>3</sub>	20	<u>Zn</u> Br <sub>2</sub>	30	<u>Al</u> Cl <sub>3</sub>

## Тема 3

### ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*Задание.* Дано уравнение реакции (см. вариант в табл. 4).

1. Для всех веществ, участвующих в реакции, выпишите из приложения 1 значения стандартных термодинамических величин  $\Delta_f H_{298}^0$  и  $S_{298}^0$ .

2. Вычислите изменение энтальпии реакции  $\Delta_r H_{298}^0$  и определите, является ли данная реакция экзо- или эндотермической. Запишите термохимическое уравнение реакции.

3. По виду уравнения реакции, не прибегая к расчетам, определите знак изменения энтропии реакции  $\Delta_r S_{298}^0$ . Вычислив изменение энтропии реакции в стандартных условиях, объясните знак  $\Delta_r S_{298}^0$ .

4. Вычислите энергию Гиббса прямой реакции в стандартных условиях  $\Delta_r G_{298}^0$  и установите возможность самопроизвольного протекания реакции.

5. Определите температуру, при которой реакция находится в равновесии ( $T_p$ ).

6. Рассчитайте  $\Delta_r G$  при  $T_1 = T_p - 100$ ,  $T_2 = T_p + 100$ .

7. Постройте график зависимости  $\Delta_r G$  от  $T$  и обозначьте на графике область температур самопроизвольного протекания реакции.

8. Вычислите значения константы равновесия  $K_c$  при температурах  $T_p$ ,  $T_1$  и  $T_2$ . Сделайте вывод о влиянии температуры на величину  $K_c$  и на смещение химического равновесия.

## Тема 4

### КИНЕТИКА ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

*Задание 1.* Дано уравнение реакции (см. вариант в табл. 4).

1. Запишите кинетические уравнения скоростей прямой  $\vec{v}$  и обратной  $\vec{v}$  реакций. Гомо- или гетерогенной является данная реакция?

2. Рассчитайте скорость прямой реакции  $\vec{v}_0$  в начальный момент времени при начальных концентрациях  $c_0$  реагентов. Рассчитайте, как изменится скорость прямой реакции к моменту времени  $\vec{v}_t$ , когда прореагирует 20 % вещества  $B$ .

3. Рассчитайте изменение скорости прямой реакции  $\vec{v}_p$  при одновременном повышении давления в системе в два раза и температуры  $\vec{v}_T$  на 20 °C при  $\gamma = 2$ .

*Задание 2.* Даны уравнение реакции и исходные концентрации веществ (см. вариант табл. 4).

1. Запишите выражение для константы равновесия  $K_c$  химической реакции через концентрации веществ.

2. Рассчитайте равновесные концентрации всех веществ к моменту времени, когда прореагирует 30 % вещества  $A$  и вычислите константу равновесия.

3. Укажите направление смещения равновесия при изменении каждого из факторов ( $c$ ,  $p$ ,  $V$  и  $T$ ).

Таблица 4

Номер варианта	Задание 1, 2			Изменение внешних условий			
	$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$	$c_0(A)$ , моль/л	$c_0(B)$ , моль/л	$c_{\text{исх}}$	$p$	$V$	$T$
1	$\text{CH}_{4(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{CO}_{(\text{г})} + 3 \text{H}_{2(\text{г})}$	1	2	↑	↓	↓	↓
2	$\text{CH}_{4(\text{г})} + 2 \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} = \text{CS}_{2(\text{г})} + 4 \text{H}_{2(\text{г})}$	2	3	↑	↑	↑	↓
3	$\text{CO}_{2(\text{г})} + 2 \text{H}_{2(\text{г})} = \text{C}_{(\text{т})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	1	3	↓	↓	↑	↑
4	$2 \text{NF}_{3(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2 \text{NOF}_{3(\text{г})}$	2	2	↑	↑	↓	↓
5	$\text{CO}_{2(\text{г})} + 4 \text{H}_{2(\text{г})} = \text{CH}_{4(\text{г})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	1	2	↑	↑	↓	↓
6	$2 \text{PCl}_{5(\text{г})} + \text{O}_2 = 2 \text{POCl}_{3(\text{г})} + 2 \text{Cl}_{2(\text{г})}$	3	1	↓	↓	↑	↑
7	$\text{CS}_{2(\text{г})} + 2 \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} = 4 \text{S}_{(\text{т})} + \text{CH}_{4(\text{г})}$	2	3	↑	↑	↓	↓
8	$\text{SO}_{2(\text{г})} + 3 \text{H}_{2(\text{г})} = \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	3	3	↓	↓	↑	↑
9	$2 \text{NO}_{2(\text{г})} + \text{F}_{2(\text{г})} = 2 (\text{NO}_2)\text{F}_{(\text{г})}$	3	2	↓	↓	↑	↑
10	$2 \text{NO}_{(\text{г})} + \text{Br}_{2(\text{г})} = 2 \text{NOBr}_{(\text{г})}$	3	3	↑	↑	↓	↓
11	$2 \text{NO}_{(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})} = \text{N}_2\text{O}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	4	2	↓	↓	↑	↑
12	$\text{S}_{2(\text{г})} + 4 \text{CO}_{2(\text{г})} = 2 \text{SO}_{2(\text{г})} + 4 \text{CO}_{(\text{г})}$	1	2	↑	↑	↓	↓
13	$\text{S}_{2(\text{г})} + 2 \text{H}_{2(\text{г})} = 2 \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$	2	3	↑	↑	↑	↑
14	$2 \text{CO}_{(\text{г})} + 2 \text{H}_{2(\text{г})} = \text{CH}_{4(\text{г})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$	3	2	↓	↓	↑	↑
15	$2 \text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + \text{SO}_{2(\text{г})} = 3 \text{S}_{(\text{т})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	2	1	↓	↓	↓	↓

16	$2 \text{PCl}_{3(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2 \text{PCl}_{3\text{O}(\text{r})}$	3					↑		↑		↑
17	$\text{SiCl}_{4(\text{r})} + 2 \text{H}_{2(\text{r})} = \text{Si}_{(\text{r})} + 4 \text{HCl}_{(\text{r})}$	2					↓		↓		↓
18	$2 \text{NO}_{(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = 2 \text{NOCl}_{(\text{r})}$	3					↑		↑		↓
19	$\text{CH}_{4(\text{r})} + 3 \text{CO}_{2(\text{r})} = 4 \text{CO}_{(\text{r})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	2					↓		↑		↓
20	$2 \text{CO}_{(\text{r})} + 4 \text{H}_{2(\text{r})} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\text{r})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}$	1					↑		↓		↑
21	$2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} + 2 \text{Cl}_{2(\text{r})} = 4 \text{HCl}_{(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})}$	3					↑		↓		↑
22	$\text{N}_{2(\text{r})} + 2 \text{SO}_{3(\text{r})} = 2 \text{NO}_{(\text{r})} + 2 \text{SO}_{2(\text{r})}$	3					↓		↑		↑
23	$\text{CS}_{2(\text{r})} + 2 \text{Cl}_{2(\text{r})} = \text{CCl}_{4(\text{r})} + 2 \text{S}_{(\text{r})}$	1					↑		↓		↑
24	$2 \text{NO}_{(\text{r})} + 2 \text{SO}_{2(\text{r})} = \text{N}_{2(\text{r})} + 2 \text{SO}_{3(\text{r})}$	3					↑		↑		↑
25	$\text{SiF}_{4(\text{r})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} = 4 \text{HF}_{(\text{r})} + \text{SiO}_{2(\text{r})}$	2					↓		↑		↓
26	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{r})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} = \text{SO}_{2(\text{r})} + 3 \text{H}_{2(\text{r})}$	1					↓		↓		↑
27	$\text{CH}_{4(\text{r})} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} = \text{CO}_{2(\text{r})} + 4 \text{H}_{2(\text{r})}$	2					↑		↓		↑
28	$2 \text{SO}_{2(\text{r})} + \text{O}_{2(\text{r})} = 2 \text{SO}_{3(\text{r})}$	2					↓		↑		↓
29	$\text{SO}_{2(\text{r})} + 2 \text{CO}_{(\text{r})} = \text{S}_{(\text{r})} + 2 \text{CO}_{2(\text{r})}$	3					↑		↑		↓
30	$\text{CO}_{(\text{r})} + 2 \text{H}_{2(\text{r})} = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{r})}$	3					↑		↓		↑

## Тема 5

### РАСТВОРЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

*Задание 1.* Имеется раствор вещества данной концентрации и плотности (см. вариант в табл. 5).

Определите молярную концентрацию вещества ( $c$ ), молярную концентрацию эквивалентов вещества ( $c_{\text{эк}}$ ), массовую долю растворенного вещества ( $\omega$ , %) в растворе и титр раствора ( $T$ ).

Таблица 5

Номер варианта	Вещество	$\rho$ , г/мл	Концентрация		
			$c_{\text{эк}}$ , моль/л	$\omega$ , %	$c$ , моль/л
1	$\text{AlCl}_3$	1,016		2	
2	$\text{ZnCl}_2$	1,035		4	
3	$\text{CaCl}_2$	1,032		4	
4	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	1,036			0,22
5	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	1,181		20	
6	$\text{MnCl}_2$	1,068		8	
7	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	1,067	0,9		
8	$\text{NiSO}_4$	1,21	2,8		
9	$\text{ZnSO}_4$	1,084	1,3		
10	$\text{H}_2\text{SO}_4$	1,038		6	
11	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,115		20	
12	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1,105	1,3		
13	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	1,05		5	
14	$\text{K}_2\text{SO}_4$	1,056		7	
15	$\text{H}_3\text{PO}_4$	1,150			3,0
16	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2$	1,015			0,11

Окончание табл. 5

Номер варианта	Вещество	$\rho$ , г/мл	Концентрация		
			$C_{\text{эк}}$ , моль/л	$\omega$ , %	$c$ , моль/л
17	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	1,044		6	
18	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	1,053		6	
19	$\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	1,015	0,5		
20	$\text{FeCl}_3$	1,032		4	
21	$\text{MnSO}_4$	1,059		6	
22	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	1,013		2	
23	$\text{ZnCl}_2$	1,035	0,6		
24	$\text{MgSO}_4$	1,27			2,54
25	$\text{CoSO}_4$	1,08		8	
26	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1,105	0,32		
27	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	1,091			3,07
28	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,022	0,62		
29	$\text{CaCl}_2$	1,032			0,37
30	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	1,141		16	

**Задание 2.** Сколько миллилитров раствора  $A$  с заданной массовой долей  $\omega$  (%) и плотностью  $\rho$  (г/мл) потребуется для нейтрализации раствора  $B$ , содержащего определенную массу  $m$  растворенного вещества (см. табл. 6).

Таблица 6

Номер варианта	Раствор $A$			Раствор $B$	
	Формула вещества	$\omega$ , %	$\rho$ , г/мл	Формула вещества	$m$ , г
1	$\text{H}_2\text{SO}_4$	4	1,025	$\text{KOH}$	1,4
2	$\text{HCl}$	1,36	1,005	$\text{Ba}(\text{OH})_2$	1,71
3	$\text{HNO}_3$	4	1,02	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	0,74
4	$\text{H}_3\text{PO}_4$	6	1,031	$\text{KOH}$	0,7
5	$\text{HCl}$	2	1,008	$\text{Sr}(\text{OH})_2$	0,61



Номер варианта	Раствор <i>A</i>			Раствор <i>B</i>	
	Формула вещества	$\omega$ , %	$\rho$ , г/мл	Формула вещества	$m$ , г
6	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	2	1,0124	NaOH	0,8
7	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,5	1,034	NaOH	0,4
8	NaOH	4,2	1,045	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,98
9	KOH	8,9	1,079	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,98
10	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	6	1,031	NaOH	0,8
11	KOH	7,8	1,068	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,33
12	NaOH	6	1,065	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,98
13	NH <sub>4</sub> OH	10,4	0,956	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,47
14	NaOH	11	1,12	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,94
15	H <sub>3</sub> AsO <sub>4</sub>	6	1,04	KOH	0,7
16	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,5	1,016	NaOH	0,4
17	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	2,15	1,01	NaOH	0,2
18	HNO <sub>3</sub>	4	1,02	Ba(OH) <sub>2</sub>	5,13
19	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	4	1,02	LiOH	4,8
20	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,5	1,016	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,37
21	HCl	4,4	1,02	Sr(OH) <sub>2</sub>	0,61
22	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4	1,025	Ba(OH) <sub>2</sub>	0,71
23	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	4	1,02	Ca(OH) <sub>2</sub>	1,11
24	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,5	1,034	LiOH	0,24
25	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	4	1,02	KOH	1,68
26	NH <sub>4</sub> OH	10	0,958	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,98
27	HI	4	1,0277	Ba(OH) <sub>2</sub>	0,355
28	HBr	4	1,027	Ca(OH) <sub>2</sub>	0,74
29	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	6	1,031	NH <sub>4</sub> OH	0,7
30	KOH	1,3	1,01	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,49

**Задание 3.** Имеется раствор слабого электролита или электролита средней силы (см. вариант в табл. 7).

1. Запишите уравнения диссоциации и выражения для констант диссоциации ( $K_d$ ) по всем возможным ступеням, укажите их величины (см. приложение 2).

2. Рассчитайте степень диссоциации слабого электролита, концентрацию ионов  $H^+$  в растворе и pH данного раствора с заданной концентрацией электролита.

**Задание 4.** Имеется насыщенный раствор труднорастворимого электролита (см. вариант в табл. 7). Вычислите растворимость данного электролита (в моль/л и г/л) в одном литре воды, используя значение произведения растворимости (см. приложение 3).

**Задание 5.** Имеется раствор соли (см. вариант в табл. 7).

1. Напишите ионно-молекулярное и молекулярное уравнения реакции гидролиза и выражение для константы гидролиза данной соли по первой ступени ( $K_{г1}$ ).

2. Рассчитайте степень гидролиза ( $\alpha_r$ ) и pH раствора соли с заданной концентрацией, учитывая только 1-ю ступень гидролиза.

3. Какой цвет будет иметь индикатор метиловый оранжевый или фенолфталеин в растворе данной соли?

4. Как изменяться pH раствора соли и окраска индикатора при нагревании и почему?

Т а б л и ц а 7

Номер варианта	Задание 3		Задание 4	Задание 5	
	Вещество	$c$ , моль/л	Вещество	Вещество	$c$ , моль/л
1	$H_2S$	0,05	$Mg(OH)_2$	$CdSO_4$	0,2
2	$H_2Se$	0,02	$Fe(OH)_2$	$Al(NO_3)_3$	0,02
3	$H_3BO_3$	0,001	$Be(OH)_2$	$K_2Se$	0,03
4	$H_2CO_3$	0,03	$Bi(OH)_3$	$ZnSO_4$	0,04
5	$H_2S$	0,02	$Ga(OH)_3$	$CoCl_2$	0,5
6	$H_2Se$	0,05	$Cd(OH)_2$	$Li_2Te$	0,02
7	$H_3AsO_4$	0,02	$Co(OH)_2$	$Na_3BO_3$	0,01
8	$H_2TeO_3$	0,5	$Cr(OH)_2$	$Na_2C_2O_4$	0,02

Номер варианта	Задание 3		Задание 4	Задание 5	
	Вещество	$c$ , моль/л	Вещество	Вещество	$c$ , моль/л
9	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	0,05	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$\text{FeCl}_2$	0,05
10	$\text{H}_2\text{SeO}_3$	0,02	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$\text{FeBr}_3$	0,01
11	$\text{H}_2\text{TeO}_3$	0,01	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$\text{NiSO}_4$	0,05
12	$\text{HOCl}$	0,05	$\text{Sc}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_2\text{Te}$	0,01
13	$\text{HCN}$	0,005	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$\text{K}_2\text{SiO}_3$	0,01
14	$\text{HNO}_2$	0,05	$\text{Pd}(\text{OH})_2$	$\text{MnSO}_4$	0,02
15	$\text{H}_3\text{PO}_4$	0,06	$\text{La}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_3\text{AsO}_4$	0,05
16	$\text{H}_2\text{SO}_3$	0,01	$\text{Sn}(\text{OH})_2$	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,05
17	$\text{HNO}_2$	0,02	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$	0,02
18	$\text{H}_2\text{TeO}_4$	0,01	$\text{Au}(\text{OH})_3$	$\text{ZnBr}_2$	0,05
19	$\text{HCN}$	0,02	$\text{In}(\text{OH})_3$	$\text{SnCl}_2$	0,02
20	$\text{HNO}_2$	0,1	$\text{Bi}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_3\text{PO}_3$	0,01
21	$\text{H}_2\text{MoO}_4$	0,03	$\text{Cr}(\text{OH})_2$	$\text{Na}_2\text{Se}$	0,01
22	$\text{HF}$	0,04	$\text{Sc}(\text{OH})_3$	$\text{Na}_2\text{SeO}_3$	0,05
23	$\text{HOBr}$	0,05	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$\text{CrCl}_2$	0,02
24	$\text{HOI}$	0,1	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Li}_2\text{S}$	0,04
25	$\text{HCOOH}$	0,01	$\text{Co}(\text{OH})_3$	$\text{Ca}_3(\text{VO}_4)_2$	0,01
26	$\text{H}_2\text{CO}_3$	0,05	$\text{Sn}(\text{OH})_4$	$\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$	0,04
27	$\text{NH}_4\text{OH}$	0,05	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$\text{K}_2\text{TeO}_4$	0,01
28	$\text{H}_2\text{GeO}_3$	0,02	$\text{Pb}(\text{OH})_2$	$\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$	0,02
29	$\text{H}_2\text{CrO}_4$	1	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$\text{K}_2\text{GeO}_3$	0,01
30	$\text{H}_2\text{SiO}_3$	$8 \cdot 10^{-3}$	$\text{Ga}(\text{OH})_3$	$\text{K}_2\text{TeO}_3$	0,01

## Тема 6

### ОБЩИЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

*Задание.* Рассчитайте температуру кипения и замерзания раствора, состав которого представлен в табл. 8.

Температуры кипения и кристаллизации, криоскопическая и эбуллиоскопическая постоянные чистых растворителей приведены в приложении 4.

Таблица 8

Номер варианта	Растворитель		Растворенное вещество	
	Вещество	Масса, г	Вещество	Масса, г
1	Этанол $C_2H_5OH$	500	Сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$	30
2	Вода $H_2O$	500	Мочевина $(NH_2)_2CO$	20
3	Уксусная кислота $CH_3COOH$	100	Антрацен $C_{14}H_{10}$	4,25
4	Хлороформ $CHCl_3$	500	Пропеновая кислота $C_3H_4O_2$	7,2
5	Этанол $C_2H_5OH$	200	Антраниловая кислота $NH_2C_6H_4COOH$	4,0
6	Бензол $C_6H_6$	250	Камфора $C_{10}H_{16}O$	7,55
7	Хлороформ $CHCl_3$	250	Нафталин $C_{10}H_8$	2,35
8	Вода $H_2O$	200	Глицерин $C_3H_5(OH)_3$	11
9	Этанол $C_2H_5OH$	250	Салициловая кислота $C_7H_6O_3$	11

Продолжение табл. 8

Номер варианта	Растворитель		Растворенное вещество	
	Вещество	Масса, г	Вещество	Масса, г
10	Сероуглерод $\text{CS}_2$	100	Бензойная кислота $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$	2,5
11	Вода $\text{H}_2\text{O}$	250	Этиленгликоль $(\text{CH}_2)_2(\text{OH})_2$	12,5
12	Циклогексан $\text{C}_6\text{H}_{12}$	50	Пиррол $\text{C}_4\text{H}_5\text{N}$	0,25
13	Бензол $\text{C}_6\text{H}_6$	150	Сера $\text{S}$	0,75
14	Диэтиловый эфир $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$	50	Анилин $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	0,7
15	Вода $\text{H}_2\text{O}$	250	Глюкоза $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	20
16	Бензол $\text{C}_6\text{H}_6$	50	Фенол $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$	0,9
17	Вода $\text{H}_2\text{O}$	500	Метанол $\text{CH}_3\text{OH}$	16
18	Вода $\text{H}_2\text{O}$	100	Сахароза $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	17,1
19	Бензол $\text{C}_6\text{H}_6$	200	Трихлоруксусная кислота $\text{CCl}_3\text{COOH}$	4,95
20	Уксусная кислота $\text{CH}_3\text{COOH}$	200	Ацетон $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	2,8
21	Ацетон $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	400	Глицерин $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$	9,2
22	Вода $\text{H}_2\text{O}$	100	Глюкоза $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	4,84
23	Четыреххлористый углерод $\text{CCl}_4$	100	Аспирин $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$	1,45
24	Уксусная кислота $\text{CH}_3\text{COOH}$	50	Антрацен $\text{C}_{14}\text{H}_{10}$	1,8

Номер варианта	Растворитель		Растворенное вещество	
	Вещество	Масса, г	Вещество	Масса, г
25	Этанол $C_2H_5OH$	50	Мочевина $(NH_2)_2CO$	1,25
26	Вода $H_2O$	500	Сульфат натрия $Na_2SO_4$	14,2
27	Пиридин $C_6H_5N$	250	Хлорид лития $LiCl$	0,84
28	Вода $H_2O$	50	Тиомочевина $CH_4N_2S$	1,52
29	Вода $H_2O$	100	Пероксид водорода $H_2O_2$	1,7
30	Этанол $C_2H_5OH$	50	Ацетилсалициловая кислота $C_9H_8O_4$	18

## Тема 7

**КОЛЛОИДНЫЕ РАСТВОРЫ**

*Задание.* Даны растворы двух реагентов (см. вариант в табл. 9).

1. Напишите молекулярное уравнение химической реакции образования коллоидной частицы при смешивании двух растворов.
2. Определите, какой реагент взят в избытке.
3. Составьте формулу мицеллы, обозначьте и назовите ее составные части.
4. Определите заряд коллоидной частицы и укажите, к какому электроду будут перемещаться частицы золя в постоянном электрическом поле.
5. Какой из указанных электролитов будет обладать наилучшим коагулирующим действием. Объясните, почему?

Таблица 9

Номер варианта	Раствор I			Раствор II			Электролиты, вызывающие коагуляцию
	Вещество	$c$ , моль/л	$V$ , мл	Вещество	$c$ , моль/л	$V$ , мл	
1	$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$	0,05	20	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	0,01	20	$\text{KCl}$ , $\text{ZnSO}_4$ , $\text{Na}_3\text{PO}_4$
2	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	0,1	100	$\text{KCl}$	0,1	200	$\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{CaCl}_2$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
3	$\text{FeCl}_2$	0,001	50	$\text{Na}_2\text{S}$	0,002	50	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
4	$\text{BaCl}_2$	0,01	100	$\text{K}_3\text{PO}_4$	0,02	100	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
5	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,5	50	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	0,1	50	$\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{CaCl}_2$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
6	$\text{CdCl}_2$	0,02	50	$\text{KOH}$	0,01	50	$\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{CaCl}_2$ , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
7	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	0,02	100	$\text{K}_2\text{S}$	0,02	50	$\text{AlCl}_3$ , $\text{FeSO}_4$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$
8	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	0,5	20	$\text{NaF}$	0,1	20	$\text{FeCl}_3$ , $\text{ZnSO}_4$ , $\text{Na}_3\text{PO}_4$
9	$\text{AlCl}_3$	0,01	50	$\text{K}_3\text{PO}_4$	0,05	50	$\text{ZnCl}_2$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
10	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,2	25	$\text{K}_2\text{CO}_3$	0,1	25	$\text{AlCl}_3$ , $\text{CuSO}_4$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$

11	SnCl <sub>2</sub>	0,05	50	KOH	0,01	5	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , CaCl <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
12	ZnSO <sub>4</sub>	0,001	100	K <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0,01	100	Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , CuSO <sub>4</sub> , K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
13	Bi(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	0,02	20	K <sub>2</sub> S	0,002	20	Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , ZnCl <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
14	MnCl <sub>2</sub>	0,05	50	NaOH	0,05	5	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , CaCl <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
15	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,05	20	AgNO <sub>3</sub>	0,01	20	KI, Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
16	CuSO <sub>4</sub>	0,02	50	K <sub>2</sub> S	0,01	50	CaBr <sub>2</sub> , K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
17	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,005	10	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,05	10	NiSO <sub>4</sub> , K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
18	CoCl <sub>2</sub>	0,05	250	K <sub>2</sub> S	0,1	50	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub>
19	Fe(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	50	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,5	50	FeSO <sub>4</sub> , Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>
20	CrCl <sub>3</sub>	0,025	20	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,25	20	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , Li <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
21	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,01	20	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,1	20	NaCl, ZnSO <sub>4</sub> , Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
22	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0,1	100	KCl	0,01	100	K <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , CaCl <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>



Окончание табл. 9

Номер варианта	Раствор I			Раствор II			Электролиты, вызывающие коагуляцию
	Вещество	$c$ , моль/л	$V$ , мл	Вещество	$c$ , моль/л	$V$ , мл	
23	$\text{FeCl}_2$	0,02	250	$\text{Na}_2\text{S}$	0,01	250	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
24	$\text{BaCl}_2$	0,02	100	$\text{K}_3\text{PO}_4$	0,01	100	$\text{Na}_3\text{PO}_4$ , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
25	$\text{Na}_2\text{CO}_3$	0,01	50	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	0,05	50	$\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{CaCl}_2$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
26	$\text{MnCl}_2$	0,01	50	$\text{Na}_2\text{S}$	0,05	50	$\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{CaCl}_2$ , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
27	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	0,01	20	$\text{K}_2\text{S}$	0,02	20	$\text{FeCl}_3$ , $\text{CuSO}_4$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$
28	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	0,01	20	$\text{NaF}$	0,05	20	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , $\text{ZnCl}_2$ , $\text{Na}_3\text{PO}_4$
29	$\text{AlCl}_3$	0,05	200	$\text{K}_3\text{PO}_4$	0,01	200	$\text{ZnCl}_2$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$ , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
30	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0,01	50	$\text{K}_2\text{CO}_3$	0,02	50	$\text{AlCl}_3$ , $\text{CuSO}_4$ , $\text{K}_3\text{PO}_4$

## Тема 8

### КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

*Задание 1.* Дано комплексное соединение (см. вариант в табл. 10).

1. Укажите: а) внутреннюю и внешнюю сферы, их заряды; б) комплексообразователь, его координационное число и заряд; в) лиганды и их заряд.

2. Для атома и одноименного иона комплексообразователя напишите электронную формулу валентных электронов.

3. Напишите уравнения диссоциации комплексного соединения в водном растворе и выражение константы нестойкости комплексного иона.

Т а б л и ц а 10

Номер варианта	Вещество	Номер варианта	Вещество
1	$[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}_3$	16	$\text{Mg}[\text{Be}(\text{OH})\text{F}_3]$
2	$\text{K}_2[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$	17	$[\text{Fe}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{SO}_4$
3	$\text{Na}[\text{Co}(\text{NO}_2)_4(\text{NH}_3)_2]$	18	$\text{Na}_2[\text{Sb}(\text{H}_2\text{O})\text{Cl}_5]$
4	$\text{H}_2[\text{Ti}(\text{SO}_4)_3]$	19	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_3\text{H}_2\text{O}](\text{NO}_3)_2$
5	$\text{Ba}[\text{MnCl}_6]$	20	$\text{K}_4[\text{Ni}(\text{CN})_4\text{Cl}_2]$
6	$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{Br}_2$	21	$\text{Na}_2[\text{Pb}(\text{OH})_6]$
7	$[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$	22	$\text{Ba}[\text{Cu}(\text{CN})_2\text{Cl}_2]$
8	$\text{Na}[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{CN})_4]$	23	$[\text{Sn}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]\text{Cl}_2$
9	$(\text{NH}_4)_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$	24	$\text{K}_2[\text{Cd}(\text{CN})_2\text{SO}_4]$
10	$\text{Ba}[\text{Fe}(\text{CN})_5(\text{H}_2\text{O})]$	25	$\text{Ca}_2[\text{Fe}(\text{CN})_4(\text{OH})_2]$
11	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{SO}_4]\text{NO}_3$	26	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{Br}_2$
12	$(\text{NH}_4)_2[\text{Pt}(\text{OH})_2\text{Cl}_4]$	27	$\text{K}_2[\text{Hg}(\text{CNS})_4]$
13	$\text{Ba}[\text{Cr}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$	28	$\text{K}[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$

Номер варианта	Вещество	Номер варианта	Вещество
14	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{Br}]\text{SO}_4$	29	$\text{Na}[\text{Pt}(\text{NH}_3)\text{Cl}_3]$
15	$[\text{Pt}(\text{NH}_3)_3\text{Cl}]\text{Cl}$	30	$\text{K}_2[\text{Pt}(\text{OH})_3\text{Cl}]$

*Задание 2.* Дано комплексное соединение (см. вариант в табл. 11).

1. Запишите первичную и вторичную диссоциацию комплексного соединения в водном растворе, выражение константы нестойкости комплексного иона и ее численное значение (см. приложение 5).

2. Вычислите концентрации ионов комплексообразователя, лигандов и ионов внешней сферы в растворе комплексной соли с заданной концентрацией ( $c$ ).

Численные значения констант нестойкости комплексных ионов приведены в приложении 5.

Таблица 11

Номер варианта	Вещество	$c$ , моль/л	Номер варианта	Вещество	$c$ , моль/л
1	$\text{K}_2[\text{HgI}_4]$	0,03	16	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	0,01
2	$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	0,02	17	$\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_4]$	0,1
3	$\text{K}_2[\text{Cu}(\text{OH})_4]$	0,05	18	$\text{Na}[\text{AuCl}_4]$	0,01
4	$\text{K}_3[\text{AgI}_4]$	0,01	19	$[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4](\text{NO}_3)_2$	0,5
5	$\text{K}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$	0,1	20	$\text{Li}_3[\text{Cr}(\text{SCN})_6]$	0,02
6	$\text{Na}_2[\text{HgBr}_4]$	0,01	21	$\text{Na}[\text{Ag}(\text{NO}_2)_2]$	0,01
7	$\text{Na}_2[\text{PtCl}_4]$	0,01	22	$\text{K}_2[\text{CdI}_4]$	0,3
8	$\text{K}[\text{Sb}(\text{OH})_4]$	0,1	23	$\text{K}_2[\text{BeF}_4]$	0,1
9	$\text{K}_2[\text{Cu}(\text{SCN})_4]$	0,5	24	$(\text{NH}_4)_3[\text{Ag}(\text{SCN})_4]$	0,03
10	$\text{Na}_2[\text{Hg}(\text{NO}_2)_4]$	0,02	25	$(\text{NH}_4)_2[\text{PdBr}_4]$	0,05
11	$\text{Na}[\text{In}(\text{OH})_4]$	0,01	26	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$	0,05
12	$\text{K}_2[\text{PtBr}_4]$	0,1	27	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$	0,01
13	$\text{Na}_2[\text{Cd}(\text{CN})_4]$	0,05	28	$\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	0,05
14	$(\text{NH}_4)_2[\text{Ni}(\text{CN})_4]$	0,02	29	$\text{K}[\text{ScF}_4]$	0,02
15	$\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$	0,2	30	$\text{Na}_2[\text{SnCl}_4]$	0,5

## Тема 9

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

### Гальванический элемент

Задание 1. Даны два электрода (см. вариант в табл. 12).

1. Запишите уравнение Нернста для расчета электродного потенциала и вычислите его значение для каждого электрода в растворе электролита при заданных условиях и  $T = 298 \text{ K}$ .

2. Определите природу катода и анода.

3. Запишите уравнения электродных реакций (на катоде и аноде), суммарной (токообразующей) реакции, определяющих работу этого элемента.

4. Запишите схему (электрохимическую систему) гальванического элемента.

5. Рассчитайте равновесное напряжение составленного гальванического элемента.

Стандартные электродные потенциалы электродов приведены в приложении 6.

Таблица 12

Номер варианта	Электрод I		Электрод II		
	схема электрода	$a_{\text{Me}^{n+}}$ , моль/л	схема электрода	pH раствора	$P_{\text{H}_2} (P_{\text{O}_2})$ , мм рт. ст.
1	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	0,01	$\text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	8	0,5
2	$\text{Fe}^{2+}   \text{Fe}$	0,05	$\text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	7	0,5
3	$\text{Cu}^{2+}   \text{Cu}$	0,02	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	4	0,5
4	$\text{Co}^{2+}   \text{Co}$	0,01	$\text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	9	0,2
5	$\text{Ni}^{2+}   \text{Ni}$	0,03	$\text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	8	0,7

Номер вари- анта	Электрод I		Электрод II		
	схема электрода	$a_{\text{Me}^{n+}}$ , моль/л	схема электрода	pH раствора	$P_{\text{H}_2} (P_{\text{O}_2})$ , мм рт. ст.
6	$\text{Fe}^{2+}   \text{Fe}$	0,05	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	3	0,5
7	$\text{Pb}^{2+}   \text{Pb}$	0,02	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	2	0,5
8	$\text{Bi}^{3+}   \text{Bi}$	0,03	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	4	0,2
9	$\text{Sn}^{2+}   \text{Sn}$	0,04	$\text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	9	0,2
10	$\text{Cr}^{2+}   \text{Cr}$	0,02	$\text{H}_2\text{O}, \text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	10	0,4
11	$\text{Cr}^{3+}   \text{Cr}$	0,01	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	1	0,4
12	$\text{V}^{2+}   \text{V}$	0,01	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	5	0,9
13	$\text{In}^{3+}   \text{In}$	0,01	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	8	0,2
14	$\text{Cu}^+   \text{Cu}$	0,02	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	7	0,7
15	$\text{Mn}^{2+}   \text{Mn}$	0,01	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	2	0,3
16	$\text{Ti}^{2+}   \text{Ti}$	0,04	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	5	0,5
17	$\text{Cd}^{2+}   \text{Cd}$	0,05	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	4	0,5
18	$\text{Zn}^{2+}   \text{Zn}$	0,5	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	9	0,7
19	$\text{Mg}^{2+}   \text{Mg}$	0,02	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	4	1,2
20	$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	0,03	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	9	0,5
21	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	0,05	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	3	0,5
22	$\text{Fe}^{2+}   \text{Fe}$	0,01	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	8	0,5
23	$\text{Pd}^{2+}   \text{Pd}$	0,001	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	7	0,8
24	$\text{W}^{3+}   \text{W}$	0,01	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	10	0,1
25	$\text{Mo}^{3+}   \text{Mo}$	0,03	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	6	0,4
26	$\text{Mg}^{2+}   \text{Mg}$	0,1	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	2	0,3
27	$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	0,02	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	3	0,3
28	$\text{Cd}^{2+}   \text{Cd}$	0,01	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	7	0,7
29	$\text{Au}^{3+}   \text{Au}$	0,0001	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	2	0,2
30	$\text{Ge}^{3+}   \text{Ge}$	0,0002	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	3	0,3

Задание 2. Гальванический элемент составлен из двух металлических электродов (см. вариант в табл. 13).

1. Определите природу катода и анода.
2. Подберите электролиты (см. приложение 7) и запишите схему (электрохимическую систему) гальванического элемента.
3. Запишите уравнения электродных реакций (на катоде и аноде) и суммарной реакции, определяющие работу гальванического элемента.
4. Рассчитайте равновесное напряжение гальванического элемента, составленного из указанных электродов с учетом активности потенциалопределяющих ионов  $a$  при  $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = 1 \text{ атм.}$
5. Рассчитайте энергию Гиббса токообразующего процесса  $\Delta_r G_{298}^0$  и равновесное напряжение гальванического элемента  $E_{ГЭ}^0$  при стандартных условиях.

Таблица 13

Номер варианта	Электрод I	Электрод II	Активность потенциалопределяющих ионов в растворе $a$ , моль/л	
			электрод I	электрод II
1	$\text{V}^{2+}   \text{V}$	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	0,01	0,001
2	$\text{Cd}^{2+}   \text{Cd}$	$\text{Cr}^{3+}   \text{Cr}$	0,02	0,05
3	$\text{Pb}^{2+}   \text{Pb}$	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	0,5	0,001
4	$\text{Sn}^{2+}   \text{Sn}$	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	0,2	0,001
5	$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	$\text{Sn}^{2+}   \text{Sn}$	0,005	0,5
6	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	$\text{Mg}^{2+}   \text{Mg}$	0,002	0,5
7	$\text{Mn}^{2+}   \text{Mn}$	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	0,05	0,002
8	$\text{Fe}^{3+}   \text{Fe}$	$\text{Co}^{2+}   \text{Co}$	0,003	0,02
9	$\text{Ni}^{2+}   \text{Ni}$	$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	0,05	1,3
10	$\text{Mg}^{2+}   \text{Mg}$	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	0,25	0,001
11	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	0,005	0,005
12	$\text{Cr}^{3+}   \text{Cr}$	$\text{Cu}^{2+}   \text{Cu}$	0,3	0,2
13	$\text{Zn}^{2+}   \text{Zn}$	$\text{Cl}^-   \text{Cl}_2   \text{Pt}$	0,02	0,03
14	$\text{Fe}^{2+}   \text{Fe}$	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	0,01	0,005

Номер варианта	Электрод I	Электрод II	Активность потенциалоопределяющих ионов в растворе $a$ , моль/л	
			электрод I	электрод II
15	$\text{Fe}^{2+}   \text{Fe}$	$\text{Cl}^-   \text{Cl}_2   \text{Pt}$	0,02	0,2
16	$\text{Ti}^{2+}   \text{Ti}$	$\text{Fe}^{3+}   \text{Fe}$	0,05	0,5
17	$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	0,5	0,001
18	$\text{Cr}^{2+}   \text{Cr}$	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	0,2	0,01
19	$\text{Al}^{3+}   \text{Al}$	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	0,5	0,02
20	$\text{Cu}^{2+}   \text{Cu}$	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	2,0	0,3
21	$\text{Zn}^{2+}   \text{Zn}$	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	0,5	0,05
22	$\text{Cd}^{2+}   \text{Cd}$	$\text{Ag}^+   \text{Ag}$	0,03	0,002
23	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	$\text{Cl}^-   \text{Cl}_2   \text{Pt}$	0,01	0,02
24	$\text{Pd}^{2+}   \text{Pd}$	$\text{OH}^-   \text{O}_2   \text{Pt}$	0,00005	0,01
25	$\text{Pt}^{2+}   \text{Pt}$	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	0,00001	0,03
26	$\text{Bi}^{3+}   \text{Bi}$	$\text{F}^-   \text{F}_2   \text{Pt}$	0,03	0,01
27	$\text{Co}^{2+}   \text{Co}$	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	0,02	0,003
28	$\text{Ca}^{2+}   \text{Ca}$	$\text{H}^+   \text{H}_2   \text{Pt}$	0,1	0,02
29	$\text{Cu}^+   \text{Cu}$	$\text{Sn}^{2+}   \text{Sn}$	0,5	0,01
30	$\text{Mn}^{2+}   \text{Mn}$	$\text{Bi}^{3+}   \text{Bi}$	0,04	0,03

### ***Электролиз водных растворов электролитов***

**Задание 3.** Дан водный раствор электролита (см. вариант в табл. 14).

1. Укажите pH раствора электролита до электролиза (кислая, нейтральная, щелочная).

2. Запишите уравнения электродных реакций электролиза с графитовыми электродами.

3. Как изменяется pH раствора у электродов в процессе электролиза (увеличится, уменьшится, не изменится)?

4. Рассчитайте, сколько и каких веществ выделится на электродах при электролизе при заданных условиях (см. табл. 14). Анодный выход по току во всех случаях равен 100 %.

5. Как изменится анодный процесс, если анод заменить на другой металл, указанный в таблице? Запишите соответствующие электродные реакции.

Таблица 14

Номер варианта	Раствор электролита	Катодный выход по току $B_{\text{Me}}, \%$	Сила тока $I, \text{A}$	Время $t, \text{ч}$	Замена материала анода
1	$\text{CoCl}_2$	70	2	3	Co
2	$\text{NiSO}_4$	80	10	2	Ni
3	$\text{SnSO}_4$	90	3	5	Sn
4	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	70	4	12	Zn
5	$\text{GaCl}_3$	70	12	4	Cu
6	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	25	3	3	Cu
7	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3$	97	5	12	Bi
8	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	80	3	2	Pb
9	$\text{FeCl}_3$	90	5	7	Fe
10	$\text{CdSO}_4$	90	1	0,5	Cd
11	$\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$	100	4	1,5	Cu
12	$\text{CoSO}_4$	75	5	5	Co
13	$\text{Li}_2\text{SO}_4$	0	2	1	Fe
14	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	0	3	5	Fe
15	$\text{SnCl}_2$	95	3	3	Sn
16	$\text{MgBr}_2$	0	5	6	Ni
17	$\text{SbCl}_3$	97	4	3	Sb
18	$\text{LiNO}_3$	0	2,5	4	Sn
19	$\text{MnCl}_2$	60	2	6	Sn
20	$\text{PdCl}_2$	100	2,5	4	Fe
21	$\text{SnSO}_4$	70	3	5	Sn
22	$\text{BaI}_2$	0	5	0,25	Fe
23	$\text{NiCl}_2$	90	15	1	Ni
24	$\text{In}_2(\text{SO}_4)_3$	90	10	3	In



Номер варианта	Раствор электролита	Катодный выход по току $B_{\text{Me}}, \%$	Сила тока $I, \text{A}$	Время $t, \text{ч}$	Замена материала анода
25	$\text{CdCl}_2$	70	12	3	Cd
26	$\text{ZnSO}_4$	50	4	6	Zn
27	$\text{Mo}(\text{NO}_3)_3$	80	3	0,5	Mo
28	$\text{MnI}_2$	65	15	6	Fe
29	$\text{BeSO}_4$	0	3	7	Fe
30	KCl	0	3	7	Cd

### ***Коррозия металлов***

*Задание 4.* Даны пара металлов и значения pH водной среды (см. вариант в табл. 15).

1. Рассчитайте равновесные потенциалы водородного и кислородного электродов и оцените возможность коррозии металла в данной электрохимической системе на основании сравнения рассчитанных потенциалов со стандартными значениями равновесных потенциалов металлических электродов. Укажите, какой металл будет подвергаться коррозии (окислению)?

2. Запишите коррозионную электрохимическую систему, уравнения электродных реакций при коррозии металла из данной пары в водной среде с заданным значением pH при контакте с воздухом.

3. Предложите для окисляемого (разрушаемого) металла данной пары катодное и анодное металлическое покрытие и запишите:

а) электрохимическую схему коррозионных элементов, образующихся при нарушении целостности покрытий;

б) уравнения электродных реакций при коррозии данного металла.

4. Предложите протекторную защиту для данной пары металлов. Запишите электрохимическую систему, уравнения электродных реакций при протекторной защите.

5. Запишите электрохимическую систему электрозащиты (катодной) данной пары металлов, уравнения электродных реакций при работе электрозащиты.

Таблица 15

Номер варианта	Пары металлов	pH	Номер варианта	Пары металлов	pH
1	Cu – Co	5	16	Zn – Ni	5
2	Cu – Fe	4	17	In – Sn	6
3	Cu – Ni	1	18	Cd – Pb	1
4	Pb – Sn	4	19	Zn – Cu	2
5	Cu – Cd	7	20	Al – Zn	2
6	Sn – Cd	4	21	Pt – Ni	2
7	Fe – Co	3	22	Fe – Ni	5
8	Ag – Sn	4	23	Sn – Cd	4
9	Cu – Sn	5	24	Mn – Fe	3
10	Cd – Ni	4	25	Zn – Ag	7
11	Ni – Cr	2	26	Fe – Pb	3
12	Fe – Cd	2	27	Ni – Ti	1
13	Zn – Cd	7	28	Mo – V	3
14	Cu – Pb	7	29	Sn – Bi	3
15	Fe – In	4	30	Fe – Cr	2

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коровин Н.В.* Общая химия: учебник для вузов по техническим направлениям и специальностям / Н.В. Коровин. – Изд. 13-е, перераб. и доп. – М.: Академия, 2011.
2. Химия: [учебник для вузов по техническим направлениям и специальностям] / *А.А. Гуров* [и др.]. – Изд. 3-е, испр. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.
3. Общая химия: [учеб. пособие для вузов] / *Н.Л. Глинка*; под ред. А.И. Ермакова. – Изд. 30-е, испр. – М.: Интеграл-Пресс, 2007.
4. *Глинка Н.Л.* Задачи и упражнения по общей химии: [учебное пособие для нехимических специальностей вузов] / Н.Л. Глинка; под ред. В.А. Рабиновича, Х.М. Рубиной. – Изд. стереотип. – М.: Интеграл-Пресс, 2008.
5. Задачи и упражнения по общей химии: учеб. пособие / под ред. Н.В. Коровина. – М.: Высшая школа, 2004.
6. *Зайцев О.С.* Химия. Современный краткий курс. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001.
7. *Суворов А.В., Никольский А.Б.* Вопросы и упражнения по общей химии. – СПб: Химиздат, 2002.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Термодинамические характеристики некоторых веществ при 298 К

Вещество	$\Delta_f H^0$ , кДж/моль	$S^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль
Al <sub>2</sub> O <sub>3(т)</sub>	–1675,7	50,92	–1582,27
As <sub>(г)</sub>	288,7	174,1	247,4
AsH <sub>3(г)</sub>	66,4	222,96	68,91
AsCl <sub>3(г)</sub>	–271,1	326,8	–258,1
B <sub>(к)</sub>	0	5,86	0
BCl <sub>3(г)</sub>	–403,8	289,5	–388,7
BCl <sub>3(ж)</sub>	–427,1	206	–387,1
BaO <sub>(к)</sub>	–557,9	70,29	–528,4
BaCl <sub>2(к)</sub>	–860,1	126	–810,9
BeO <sub>(к)</sub>	–598,7	14,1	–581,6
BeCl <sub>2(к)</sub>	–494	63	–468
Br <sub>2(ж)</sub>	0	152,2	0
Br <sub>2(г)</sub>	30,92	245,35	3,14
C <sub>графит</sub>	0	5,74	0
C <sub>алмаз</sub>	1,83	2,38	2,85
CO <sub>(г)</sub>	–110,5	197,54	–137,14
CO <sub>2(г)</sub>	–393,51	213,68	–394,38
CF <sub>4(г)</sub>	–933	261,37	–888,4
CCl <sub>4(г)</sub>	–102,9	309,9	–60,7
CCl <sub>4(ж)</sub>	–135,4	214,4	–64,6
CH <sub>4(г)</sub>	–74,81	186,31	–50,82
C <sub>2</sub> H <sub>2(г)</sub>	226,75	200,82	209,21
C <sub>2</sub> H <sub>4(г)</sub>	52,3	219,45	68,14
C <sub>2</sub> H <sub>6(г)</sub>	–84,68	229,5	–32,89
C <sub>6</sub> H <sub>6(г)</sub>	82,93	269,2	129,68
CH <sub>3</sub> OH <sub>(г)</sub>	–202	239,7	–163,3
CH <sub>3</sub> OH <sub>(ж)</sub>	–239,45	126,6	–167,1
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH <sub>(г)</sub>	–235,3	278,0	–167,4

Продолжение таблицы П 1

Вещество	$\Delta_f H^0$ , кДж/моль	$S^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль
CS <sub>2(г)</sub>	110,7	237,77	66,55
CS <sub>2(ж)</sub>	88,7	151,04	64,41
CaO <sub>(к)</sub>	–635,5	39,7	–605,2
Ca(OH) <sub>2(к)</sub>	–986,2	83,4	–898,5
CaCO <sub>3(к)</sub>	–1207,1	92,88	–1128,76
Cl <sub>2(г)</sub>	0	222,96	0
CuO <sub>(к)</sub>	–162	42,63	–134,3
Cu <sub>2</sub> O <sub>(к)</sub>	–173,2	92,9	–150,6
F <sub>2(г)</sub>	0	202,7	0
FeO <sub>(к)</sub>	–263,8	58,8	–244,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3(к)</sub>	–822,16	89,96	–740,98
H <sub>2(г)</sub>	0	130,52	0
HBr <sub>(г)</sub>	–35,98	198,59	–53,3
HCl <sub>(г)</sub>	–92,31	186,79	–95,27
HF <sub>(г)</sub>	–268,61	173,51	–270,7
HI <sub>(г)</sub>	26,57	206,48	1,78
H <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	–241,82	188,72	–228,61
H <sub>2</sub> O <sub>(ж)</sub>	–285,84	70,08	–237,2
H <sub>2</sub> S <sub>(г)</sub>	–20,9	205,69	–33,8
H <sub>2</sub> SO <sub>4(ж)</sub>	–814,2	156,9	–690,3
I <sub>2(г)</sub>	62,43	260,58	19,37
N <sub>2(г)</sub>	0	191,5	0
NH <sub>3(г)</sub>	–46,19	192,66	–16,66
NF <sub>3(г)</sub>	–131,7	260,7	–84
N <sub>2</sub> F <sub>4(г)</sub>	–22	317	79
N <sub>2</sub> O <sub>(г)</sub>	82,01	219,83	104,12
N <sub>2</sub> O <sub>3(г)</sub>	90,22	307,1	110,5
N <sub>2</sub> O <sub>4(г)</sub>	9,6	303,8	98,4
NO <sub>(г)</sub>	90,25	210,62	86,58
NO <sub>2(г)</sub>	33,5	240,2	51,55
NOCl <sub>(г)</sub>	52,59	263,5	66,37
NOF <sub>(г)</sub>	65	248	–51
NOF <sub>3(г)</sub>	–187	277,6	–

## Окончание таблицы П 1

Вещество	$\Delta_f H^0$ , кДж/моль	$S^0$ , Дж/(моль·К)	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль
(NO <sub>2</sub> )F <sub>(г)</sub>	–109	259,3	37
NOBr <sub>(г)</sub>	79,5	273,55	79,74
(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CO	–333,17	104,6	–197,15
Cl <sub>2(г)</sub>	0	222,98	0
O <sub>2(г)</sub>	0	205,04	0
O <sub>3(г)</sub>	142,26	238,82	162,76
PH <sub>3(г)</sub>	5,44	210,2	13,39
P <sub>2</sub> O <sub>5(к)</sub>	–1507,2	140,3	–1371,7
PCl <sub>3(г)</sub>	–279,5	311,71	–260,45
PCl <sub>5(г)</sub>	–374,89	364,47	–297,14
POCl <sub>3 (г)</sub>	–306	323,84	–512,92
PF <sub>3(г)</sub>	–956,5	272,6	–935,66
POF <sub>3(г)</sub>	–1252,27	284,93	–1203,75
S <sub>(к)</sub>	0	31,88	0
S <sub>(г)</sub>	287,81	167,75	238,91
S <sub>2(г)</sub>	127,52	228,03	78,55
SO <sub>2(г)</sub>	–296,9	248,1	–300,2
SO <sub>3(г)</sub>	–395,8	256,7	–372,2
SO <sub>2</sub> Cl <sub>2(г)</sub>	–363,17	311,3	–318,85
Si <sub>(т)</sub>	0	18,83	0
SiO <sub>2(г)</sub>	–905,88	40,38	–851,17
SiF <sub>4(г)</sub>	–1614,95	282,0	–1572,53
SiCl <sub>4(г)</sub>	–657,52	330,95	–617,6
SiH <sub>4(г)</sub>	34,73	204,55	57,19
SiO <sub>2(к, стекл)</sub>	–903,5	46,86	–850,7

## Приложение 2

### Значения констант диссоциации $K_d$ некоторых кислот и оснований

Кислота			
Название и формула	$K_d$	Название и формула	$K_d$
Азотистая <b>HNO<sub>2</sub></b>	$5,13 \cdot 10^{-4}$	Сероводородная <b>H<sub>2</sub>S</b>	$K_1$ $1,05 \cdot 10^{-7}$ $K_2$ $1,3 \cdot 10^{-13}$
Алюминиевая-мета <b>HAIO<sub>2</sub></b>	$6 \cdot 10^{-13}$	Сернистая <b>H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $1,4 \cdot 10^{-2}$ $K_2$ $6,3 \cdot 10^{-8}$
Борная <b>H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $5,8 \cdot 10^{-10}$ $K_2$ $1,8 \cdot 10^{-13}$ $K_3$ $1,6 \cdot 10^{-14}$	Теллуристоводородная <b>H<sub>2</sub>Te</b>	$K_1$ $2,3 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $10^{-11}$
Бромноватистая <b>HOBr</b>	$2,5 \cdot 10^{-9}$	Теллуристая <b>H<sub>2</sub>TeO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $2,7 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $1,8 \cdot 10^{-8}$
Ванадиевая <b>H<sub>3</sub>VO<sub>4</sub></b>	$K_2$ $1,1 \cdot 10^{-9}$ $K_3$ $4 \cdot 10^{-15}$	Теллуровая <b>H<sub>2</sub>TeO<sub>4</sub></b>	$K_1$ $2,5 \cdot 10^{-9}$ $K_2$ $4,1 \cdot 10^{-11}$
Водорода пероксид <b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	$K_1$ $2 \cdot 10^{-12}$	Угольная <b>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $4,5 \cdot 10^{-7}$ $K_2$ $4,8 \cdot 10^{-11}$
Германиевая-мета <b>H<sub>2</sub>GeO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $1,7 \cdot 10^{-9}$ $K_2$ $2,0 \cdot 10^{-13}$	Уксусная <b>CH<sub>3</sub>COOH</b>	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Иодноватистая <b>HOI</b>	$2,3 \cdot 10^{-11}$	Фосфористая <b>H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $1,6 \cdot 10^{-2}$ $K_2$ $2 \cdot 10^{-7}$
Кремневая-мета <b>H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $2,2 \cdot 10^{-10}$ $K_2$ $1,6 \cdot 10^{-12}$	Фосфорная <b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	$K_1$ $7,1 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $6,2 \cdot 10^{-8}$ $K_3$ $4,2 \cdot 10^{-13}$
Марганцовистая <b>H<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub></b>	$K_1$ $10^{-1}$ $K_2$ $7,1 \cdot 10^{-11}$	Фосфорноватистая <b>H<sub>3</sub>PO<sub>2</sub></b>	$5,9 \cdot 10^{-2}$
Молибденовая <b>H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub></b>	$K_1$ $2,9 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $1,4 \cdot 10^{-4}$	Фтороводородная <b>HF</b>	$6,8 \cdot 10^{-4}$
Муравьиная <b>НСООН</b>	$1,8 \cdot 10^{-4}$	Хлорноватистая <b>НСЮ</b>	$5 \cdot 10^{-8}$
Мышьяковая <b>H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub></b>	$K_1$ $5,6 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $1,7 \cdot 10^{-7}$ $K_3$ $3 \cdot 10^{-12}$	Хромовая <b>H<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub></b>	$K_1$ $1,1 \cdot 10^{-1}$ $K_2$ $3,2 \cdot 10^{-7}$
Селенистая <b>H<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub></b>	$K_1$ $2,4 \cdot 10^{-3}$ $K_2$ $4,8 \cdot 10^{-9}$	Циановодородная (синильная) <b>HCN</b>	$6,2 \cdot 10^{-10}$
Селеноводородная <b>H<sub>2</sub>Se</b>	$K_1$ $1,3 \cdot 10^{-4}$ $K_2$ $10^{-11}$	Щавелевая <b>H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	$K_1$ $5,6 \cdot 10^{-2}$ $K_2$ $5,4 \cdot 10^{-5}$

## Окончание таблицы П2

Основание				
Алюминия гидроксид <b>Al(OH)<sub>3</sub></b>	$K_1$ $K_2$ $K_3$	$7,4 \cdot 10^{-9}$ $2,1 \cdot 10^{-9}$ $1,1 \cdot 10^{-9}$	Марганца(II) гидроксид <b>Mn(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$ $3,9 \cdot 10^{-4}$
Аммония гидроксид <b>NH<sub>4</sub>OH</b>		$1,8 \cdot 10^{-5}$	Меди(II) гидроксид <b>Cu(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$ $3,4 \cdot 10^{-7}$
Бария гидрок- сид <b>Ba(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$	$2,3 \cdot 10^{-1}$	Никеля(II) гидроксид <b>Ni(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$ $8,32 \cdot 10^{-4}$
Железа(II) гидроксид <b>Fe(OH)<sub>2</sub></b>	$K_1$ $K_2$	$1,2 \cdot 10^{-2}$ $1,3 \cdot 10^{-4}$	Олова (II) гидроксид <b>Sn(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$ $10^{-12}$
Железа(III) гидроксид <b>Fe(OH)<sub>3</sub></b>	$K_2$ $K_3$	$1,82 \cdot 10^{-11}$ $1,35 \cdot 10^{-12}$	Ртут(II) гидроксид <b>Hg(OH)<sub>2</sub></b>	$K_1$ $4 \cdot 10^{-12}$ $K_2$ $5 \cdot 10^{-11}$
Кадмия гидроксид <b>Cd(OH)<sub>2</sub></b>	$K_1$ $K_2$	$8,1 \cdot 10^{-4}$ $4,2 \cdot 10^{-7}$	Свинца(II) гидроксид <b>Pb(OH)<sub>2</sub></b>	$K_1$ $5 \cdot 10^{-4}$ $K_2$ $1,4 \cdot 10^{-8}$
Кобальта(II) гидроксид <b>Co(OH)<sub>2</sub></b>	$K_1$ $K_2$	$7,9 \cdot 10^{-5}$ $8,9 \cdot 10^{-6}$	Хрома(II) гидроксид <b>Cr(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$ $4 \cdot 10^{-8}$
Кальция гидроксид <b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$	$5,8 \cdot 10^{-2}$	Хрома(III) гидроксид <b>Cr(OH)<sub>3</sub></b>	$K_3$ $\sim 10^{-10}$
Магния гидроксид <b>Mg(OH)<sub>2</sub></b>	$K_2$	$2,63 \cdot 10^{-3}$	Цинка гидроксид <b>Zn(OH)<sub>2</sub></b>	$K_1$ $1,32 \cdot 10^{-5}$ $K_2$ $2,0 \cdot 10^{-9}$



### Приложение 3

#### Произведение растворимости ПР некоторых малорастворимых электролитов при 298 К

Вещество	ПР	Вещество	ПР	Вещество	ПР
Be(OH) <sub>2</sub>	$2,09 \cdot 10^{-19}$	Zn(OH) <sub>2</sub>	$3,69 \cdot 10^{-17}$	Fe(OH) <sub>2</sub>	$4 \cdot 10^{-16}$
Mg(OH) <sub>2</sub>	$6,76 \cdot 10^{-12}$	Sc(OH) <sub>3</sub>	$2 \cdot 10^{-30}$	Fe(OH) <sub>3</sub>	$2,51 \cdot 10^{-39}$
Ga(OH) <sub>3</sub>	$1,58 \cdot 10^{-37}$	Sn(OH) <sub>2</sub>	$6,3 \cdot 10^{-27}$	Al(OH) <sub>3</sub>	$1,1 \cdot 10^{-34}$
Bi(OH) <sub>3</sub>	$3,2 \cdot 10^{-36}$	Sn(OH) <sub>4</sub>	$1 \cdot 10^{-57}$	Co(OH) <sub>2</sub>	$2 \cdot 10^{-16}$
Pd(OH) <sub>2</sub>	$10^{-30}$	Pb(OH) <sub>2</sub>	$1,2 \cdot 10^{-20}$	Co(OH) <sub>3</sub>	$4 \cdot 10^{-45}$
Cd(OH) <sub>2</sub>	$2,2 \cdot 10^{-14}$	Cr(OH) <sub>2</sub>	$10^{-17}$	Ni(OH) <sub>2</sub>	$6,31 \cdot 10^{-18}$
Cu(OH) <sub>2</sub>	$2 \cdot 10^{-20}$	Cr(OH) <sub>3</sub>	$6,3 \cdot 10^{-31}$	In(OH) <sub>3</sub>	$1,29 \cdot 10^{-37}$
Au(OH) <sub>3</sub>	$5,5 \cdot 10^{-46}$	Mn(OH) <sub>2</sub>	$1,9 \cdot 10^{-13}$	La(OH) <sub>3</sub>	$6,5 \cdot 10^{-20}$

### Приложение 4

#### Температуры кипения $T_{\text{кип}}$ , кристаллизации $T_{\text{зам}}$ , криоскопическая $K_{\text{кр}}$ и эбуллиоскопическая $K_{\text{эб}}$ постоянные некоторых чистых растворителей

Растворитель	$T_{\text{зам}},$ °C	$T_{\text{кип}},$ °C	$K_{\text{кр}},$ $\frac{\text{кг} \cdot \text{К}}{\text{моль}}$	$K_{\text{эб}},$ $\frac{\text{кг} \cdot \text{К}}{\text{моль}}$
Ацетон	-95,35	56,24	2,4	1,48
Бензол	5,53	80,1	5,12	2,57
Вода	0	100	1,86	0,52
Диэтиловый эфир	-116	34,5	1,79	2,12
Пиридин	-45	115,8	4,97	2,687
Сероуглерод	-111,6	46,2	3,8	2,29
Уксусная кислота	16,75	118,1	3,9	3,07
Циклогексан	6,6	80,75	20,2	2,75
Хлороформ	-63,5	61,2	4,9	3,61
Четыреххлористый углерод	-22,96	76,75	29,8	5,25
Этанол	-114,5	78,3	1,99	1,22

## Приложение 5

### Константы нестойкости $K_{\text{нест}}$ некоторых комплексных ионов

Формула иона	$K_{\text{нест}}$	Формула иона	$K_{\text{нест}}$	Формула иона	$K_{\text{нест}}$
Аммиакаты		Цианидные комплексы		Галогенидные комплексы	
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$3,46 \cdot 10^{-10}$	$[\text{Cu}(\text{CN})_4]^{2-}$	$5 \cdot 10^{-28}$	$[\text{AuCl}_4]^-$	$5 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$2,14 \cdot 10^{-13}$	$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-}$	$1,3 \cdot 10^{-17}$	$[\text{AgI}_4]^{3-}$	$7,94 \cdot 10^{-14}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$	$1,4 \cdot 10^{-11}$	$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$	$7,76 \cdot 10^{18-}$	$[\text{BeF}_4]^{2-}$	$4,17 \cdot 10^{-17}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$	$3 \cdot 10^{-16}$	$[\text{BiBr}_6]^{3-}$	$3 \cdot 10^{-10}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_2]^{2+}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	Роданидные комплексы		$[\text{CdI}_4]^{2-}$	$7,94 \cdot 10^{-7}$
$[\text{Hg}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	$5,2 \cdot 10^{-20}$			$[\text{ScF}_4]^-$	$1,55 \cdot 10^{-21}$
Гидроксокомплексы		$[\text{Ag}(\text{SCN})_4]^{3-}$	$2,14 \cdot 10^{-10}$	$[\text{PdBr}_4]^{2-}$	$7,94 \cdot 10^{-14}$
$[\text{In}(\text{OH})_4]^-$	$2 \cdot 10^{-29}$	$[\text{Cu}(\text{SCN})_4]^{2-}$	$3 \cdot 10^{-7}$	$[\text{PtBr}_4]^{2-}$	$3,16 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$	$10^{-15}$	$[\text{Cr}(\text{SCN})_6]^{3-}$	$1,58 \cdot 10^{-4}$	$[\text{PtCl}_4]^{2-}$	$10^{-16}$
$[\text{Cu}(\text{OH})_4]^{2-}$	$3,16 \cdot 10^{-19}$	Нитритные комплексы		$[\text{HgI}_4]^{2-}$	$1,48 \cdot 10^{-30}$
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	$2,2 \cdot 10^{-15}$	$[\text{AgNO}_2]_2^-$	$1,58 \cdot 10^{-3}$	$[\text{SnCl}_4]^{2-}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$
$[\text{Sb}(\text{OH})_4]^-$	$5 \cdot 10^{-39}$	$[\text{Hg}(\text{NO}_2)_4]^{2-}$	$2,88 \cdot 10^{-14}$	$[\text{HgBr}_4]^{2-}$	$10^{-21}$

## Приложение 6

### Стандартные электродные потенциалы электродов $E^0$ при 298 К

Электрод	Электродная реакция	$E^0$ , В
<b>Металлические электроды</b>		
$\text{Li}^+ \text{Li}$	$\text{Li}^+ + e \rightleftharpoons \text{Li}$	-3,045
$\text{K}^+ \text{K}$	$\text{K}^+ + e \rightleftharpoons \text{K}$	-2,925
$\text{Cs}^+ \text{Cs}$	$\text{Cs}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2,92
$\text{Ba}^{2+} \text{Ba}$	$\text{Ba}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ba}$	-2,906
$\text{Ca}^{2+} \text{Ca}$	$\text{Ca}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2,866
$\text{Na}^+ \text{Na}$	$\text{Na}^+ + e \rightleftharpoons \text{Na}$	-2,714
$\text{La}^{3+} \text{La}$	$\text{La}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{La}$	-2,522
$\text{Mg}^{2+} \text{Mg}$	$\text{Mg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2,363
$\text{Be}^{2+} \text{Be}$	$\text{Be}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Be}$	-1,847
$\text{Al}^{3+} \text{Al}$	$\text{Al}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Al}$	-1,662
$\text{Ti}^{2+} \text{Ti}$	$\text{Ti}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,628
$\text{Ti}^{3+} \text{Ti}$	$\text{Ti}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ti}$	-1,21
$\text{V}^{2+} \text{V}$	$\text{V}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{V}$	-1,186
$\text{Mn}^{2+} \text{Mn}$	$\text{Mn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1,180
$\text{Cr}^{2+} \text{Cr}$	$\text{Cr}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,913
$\text{Zn}^{2+} \text{Zn}$	$\text{Zn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0,763
$\text{Cr}^{3+} \text{Cr}$	$\text{Cr}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0,744
$\text{Ga}^{3+} \text{Ga}$	$\text{Ga}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Ga}$	-0,529
$\text{Fe}^{2+} \text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,44
$\text{Cd}^{2+} \text{Cd}$	$\text{Cd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0,403
$\text{In}^{3+} \text{In}$	$\text{In}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{In}$	-0,34
$\text{Tl}^+ \text{Tl}$	$\text{Tl}^+ + e \rightleftharpoons \text{Tl}$	-0,336
$\text{Co}^{2+} \text{Co}$	$\text{Co}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Co}$	-0,277
$\text{Ni}^{2+} \text{Ni}$	$\text{Ni}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0,25
$\text{Mo}^{3+} \text{Mo}$	$\text{Mo}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Mo}$	-0,2
$\text{Sn}^{2+} \text{Sn}$	$\text{Sn}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0,136

Продолжение таблицы П6

Электрод	Электродная реакция	$E^0$ , В
$\text{Pb}^{2+} \text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0,126
$\text{W}^{3+} \text{W}$	$\text{W}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{W}$	-0,05
$\text{Fe}^{3+} \text{Fe}$	$\text{Fe}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0,036
$\text{Sn}^{4+} \text{Sn}$	$\text{Sn}^{4+} + 4e \rightleftharpoons \text{Sn}$	+0,007
$\text{Ge}^{2+} \text{Ge}$	$\text{Ge}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Ge}$	+0,01
$\text{Sb}^{3+} \text{Sb}$	$\text{Sb}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Sb}$	+0,2
$\text{Bi}^{3+} \text{Bi}$	$\text{Bi}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Bi}$	+0,215
$\text{Cu}^{2+} \text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,337
$\text{Cu}^+ \text{Cu}$	$\text{Cu}^+ + e \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0,521
$\text{Ag}^+ \text{Ag}$	$\text{Ag}^+ + e \rightleftharpoons \text{Ag}$	+0,8
$\text{Os}^{2+} \text{Os}$	$\text{Os}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Os}$	+0,85
$\text{Hg}^{2+} \text{Hg}$	$\text{Hg}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Hg}$	+0,854
$\text{Pd}^{2+} \text{Pd}$	$\text{Pd}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pd}$	+0,987
$\text{Pt}^{2+} \text{Pt}$	$\text{Pt}^{2+} + 2e \rightleftharpoons \text{Pt}$	+1,200
$\text{Au}^{3+} \text{Au}$	$\text{Au}^{3+} + 3e \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,498
$\text{Au}^+ \text{Au}$	$\text{Au}^+ + e \rightleftharpoons \text{Au}$	+1,691
<b>Газовые электроды</b>		
$\text{Pt} \text{H}_2 \text{H}^+$	$2\text{H}^+ + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2$	0,00
$\text{Pt} \text{H}_2 \text{OH}^-, \text{H}_2\text{O}$	$2\text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,828
$\text{Pt} \text{Cl}_2 \text{Cl}^-$	$\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$	+1,36
$\text{Pt} \text{F}_2 \text{F}^-$	$\text{F}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{F}^-$	+2,87
$\text{Pt} \text{O}_2 \text{OH}^-, \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons 4\text{OH}^-$	+0,401
$\text{Pt} \text{O}_2 \text{H}^+, \text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4e \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$	+1,229
<b>Электроды второго рода</b>		
$\text{Ag} \text{AgCl}, \text{Cl}^-$	$\text{AgCl} + e \rightleftharpoons \text{Ag} + \text{Cl}^-$	+0,222
$\text{Hg} \text{Hg}_2\text{Cl}_2, \text{Cl}^-$	$\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e \rightleftharpoons 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^-$	+0,268
$\text{AlO}_2^- \text{Al}$	$\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,35
$\text{Al}(\text{OH})_3 \text{Al}$	$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3e \rightleftharpoons \text{Al} + 3\text{OH}^-$	-2,31

Электрод	Электродная реакция	$E^0$ , В
$\text{Ag}_2\text{O} \text{Ag}$	$\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons 2\text{Ag} + 2\text{OH}^-$	+0,345
$\text{Be}(\text{OH})_2 \text{Be}$	$\text{Be}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Be} + 2\text{OH}^-$	-2,6
$\text{Bi}_2\text{O}_3 \text{Bi}$	$\text{Bi}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + 6e \rightleftharpoons 2\text{Bi} + 6\text{OH}^-$	-0,46
$\text{Cd}(\text{OH})_2 \text{Cd}$	$\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cd} + 2\text{OH}^-$	-0,824
$\text{Co}(\text{OH})_2 \text{Co}$	$\text{Co}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Co} + 2\text{OH}^-$	-0,73
$\text{Cr}(\text{OH})_2 \text{Cr}$	$\text{Cr}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cr} + 2\text{OH}^-$	-1,355
$\text{Cu}(\text{OH})_2 \text{Cu}$	$\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Cu} + 2\text{OH}^-$	-0,224
$\text{Fe}(\text{OH})_2 \text{Fe}$	$\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Fe} + 2\text{OH}^-$	-0,877
$\text{Ga}(\text{OH})_3 \text{Ga}$	$\text{Ga}(\text{OH})_3 + 3e \rightleftharpoons \text{Ga} + 3\text{OH}^-$	-1,26
$\text{HGeO}_3^- \text{Ge}$	$\text{HGeO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e \rightleftharpoons \text{Ge} + 5\text{OH}^-$	-1,0
$\text{In}(\text{OH})_3 \text{In}$	$\text{In}(\text{OH})_3 + 3e \rightleftharpoons \text{In} + 3\text{OH}^-$	-1,0
$\text{Mg}(\text{OH})_2 \text{Mg}$	$\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Mg} + 2\text{OH}^-$	-2,694
$\text{Ni}(\text{OH})_2 \text{Ni}$	$\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Ni} + 2\text{OH}^-$	-0,729
$\text{Mn}(\text{OH})_2 \text{Mn}$	$\text{Mn}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Mn} + 2\text{OH}^-$	-1,56
$\text{PbO} \text{Pb}$	$\text{PbO} + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{OH}^-$	-0,578
$\text{Pb}(\text{OH})_2 \text{Pb}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Pb} + 2\text{OH}^-$	-0,714
$\text{Pd}(\text{OH})_2 \text{Pd}$	$\text{Pd}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Pd} + 2\text{OH}^-$	+0,07
$\text{SbO}_2^- \text{Sb}$	$\text{SbO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e \rightleftharpoons \text{Sb} + 4\text{OH}^-$	-0,675
$\text{HSnO}_2^- \text{Sn}$	$\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e \rightleftharpoons \text{Sn} + 3\text{OH}^-$	-0,91
$\text{TlOH} \text{Tl}$	$\text{TlOH} + e \rightleftharpoons \text{Tl} + \text{OH}^-$	-0,344
$\text{Zn}(\text{OH})_2 \text{Zn}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2e \rightleftharpoons \text{Zn} + 2\text{OH}^-$	-1,245

## Приложение 7

### Энергия Гиббса образования $\Delta_f G^0$ некоторых ионов в водных растворах при 298 К

Ион	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль	Ион	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль	Ион	$\Delta_f G^0$ , кДж/моль
Ag <sup>+</sup>	77,1	Cu <sup>+</sup>	50,2	Ni <sup>2+</sup>	−45,56
Al <sup>3+</sup>	−481,2	Cu <sup>2+</sup>	65,56	OH <sup>−</sup>	−157,35
Ba <sup>2+</sup>	−547,5	F <sup>−</sup>	−280,2	Pb <sup>2+</sup>	−24,3
Bi <sup>3+</sup>	91,9	Fe <sup>2+</sup>	−84,88	Pd <sup>2+</sup>	176,7
Ca <sup>2+</sup>	−553,08	Fe <sup>3+</sup>	−10,54	Pt <sup>2+</sup>	231,6
Cl <sup>−</sup>	−131,17	H <sup>+</sup>	0	Sn <sup>2+</sup>	−26,4
Cd <sup>2+</sup>	−77,65	Hg <sup>2+</sup>	164,68	Ti <sup>2+</sup>	−314,2
Co <sup>2+</sup>	−53,64	I <sup>−</sup>	−51,76	Tl <sup>+</sup>	−32,43
Cr <sup>2+</sup>	−176,8	Mg <sup>2+</sup>	−456	V <sup>2+</sup>	−228,8
Cr <sup>3+</sup>	−223,1	Mn <sup>2+</sup>	−229,9	Zn <sup>2+</sup>	−147,16

# Приложение 8

## Растворимость веществ в воде

Ионы	Li <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Be <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Str <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pd <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	In <sup>3+</sup>	Ga <sup>3+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sb <sup>3+</sup>	Bi <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Au <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Н	Н	М	М	Р	Н	Н	--	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
F <sup>-</sup>	М	Р	Р	Р	М	Н	Н	М	М	Р	Г	М	М	М	Н	Н	Р	М	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Р	Р	Г
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	И	Р	Р
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Br <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н
BrO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М
I <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Р	Р	Р	Р	М	М	Р	Н	Р	Р	Д	Р	Р	Д	Н
IO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	М	Р	Р	Р	М	М	М	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Г	М	М	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Г	Н	Г	Н	Н	Н	Н	Н	Д	Н	Д	Н	Н	Н	Н
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	М	М	Н	Н	М	М	М	Н	Р	Г	Р	Н	Г	Н	Н	Н	Н	Д	Н	Д	Н	Н	Н	Р
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Г	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Г	Г	Р	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Р	Р	Г
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	М	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	Н	Н	М
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	М	Р	Р	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Г	Г	Г	Г	Г	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н





## **ХИМИЯ**

### **Сборник индивидуальных заданий**

Редактор *Л.Н. Ветчакова*  
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*  
Компьютерная верстка *Л.А. Веселовская*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
Издание соответствует коду 95 3000 ОК 005-93 (ОКП)

---

Подписано в печать 04.04.2016. Формат 60 × 84 1/16. Бумага офсетная. Тираж 200 экз.  
Уч.-изд. л. 2,79. Печ. л. 3,0. Изд. № 61. Заказ № Цена договорная

---

Отпечатано в типографии  
Новосибирского государственного технического университета  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20