



**АНАЛИТИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ И ФИЗИКО-
ХИМИЧЕСКИЕ
МЕТОДЫ АНАЛИЗА
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ
ЗАДАНИЯ**

Учебно-методическое пособие для
выполнения самостоятельной
работы студентами бакалавриата

Ж.А. ДИМИДЕНОК
2013

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ 1 ОСНОВЫ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА	3
<i>Задания 1</i> Качественные реакции катионов и анионов	3
<i>Задание 2</i> Ионное произведение воды. Водородный показатель	3
<i>Задание 3</i> Буферные растворы	5
<i>Задания 4</i> Гидролиз солей	7
<i>Задание 5</i> Произведение растворимости	9
<i>Задание 6</i> Комплексные соединения	11
<i>Задания 7</i> Окислительно-восстановительные реакции	12
РАЗДЕЛ 2 КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ	15
<i>Задание 8</i> Гравиметрический анализ	15
<i>Задание 9</i> Титриметрический анализ	17
РАЗДЕЛ 3 ФИЗИКО - ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ	19
<i>Задания 10</i> Оптические методы анализа. Фото – и спектрометрия.	19

<i>Задание 11</i> Рефрактометрический анализ	22
<i>Задание 12</i> Потенциометрический анализ	26
<i>Задание 13</i> Хроматографический анализ	28
ПРИЛОЖЕНИЕ	33
<i>Таблица 1</i> Коэффициенты активности	33
<i>Таблица 2</i> Константы диссоциации слабых электролитов	34
<i>Таблица 3</i> Произведение растворимости труднорастворимых в воде соединений	36
<i>Таблица 4</i> Константы нестойкости комплексных ионов	38
<i>Таблица 5</i> Определение направления реакций окисления-восстановления	39
<i>Таблица 6</i> Удельное вращение некоторых органических веществ	43
<i>Таблица 7</i> Важнейшие кислоты и кислотные остатки	44
<i>Таблица 8</i> Тривиальные названия некоторых веществ и распространенных минералов	45

РАЗДЕЛ 1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА

**ЗАДАНИЕ 1 КАЧЕСТВЕННЫЕ РЕАКЦИИ КАТИОНОВ
И АНИОНОВ.**

Указать все возможные реактивы, с помощью которых можно определить данные ионы. Написать молекулярное и ионное уравнения реакции.

Варианты

2. K ⁺ ; NO ₂ ⁻	12. I ⁻ ; Hg ²⁺
3. Fe ²⁺ ; PO ₄ ³⁻	13. Ba ²⁺ ; Fe ³⁺
4. NH ₄ ⁺ ; Sr ²⁺	14. Mg ²⁺ ; Hg ²⁺
5. Ca ²⁺ ; Cl ⁻	15. Hg ₂ ²⁺ ; PO ₄ ³⁻
6. Cu ²⁺ ; NO ₂ ⁻	16. SO ₄ ²⁻ ; Ag ⁺ , Hg ₂ ²⁺ , Pb ²⁺ -групповой реагент
7. Zn ²⁺ ; SiO ₃ ²⁻	17. NO ₃ ⁻ ; Zn ²⁺ , Al ³⁺ , Sn ²⁺ , Cr ³⁺ - групповой реагент
8. Al ³⁺ ; Pb ²⁺	18. Mn ²⁺ ; Br ⁻
9. Br ⁻ ; Na ⁺	19. Ag ⁺ ; Cu ²⁺ , Cd ²⁺ , Co ²⁺ , Ni ²⁺ -

	групповой реагент
10. CO ₃ ²⁻ ; Mg ²⁺ , Fe ²⁺ , Fe ³⁺ -групповой реагент	20. Ca ²⁺ , Ba ²⁺ , Sr ²⁺ -групповой реагент;

**ЗАДАНИЕ 2 ИОННОЕ ПРОИЗВЕДЕНИЕ ВОДЫ.
ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ**

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Ионная сила растворов:

$$\mu = \frac{1}{2} (C_1 \cdot Z_1^2 + C_2 \cdot Z_2^2 + \dots C_n \cdot Z_n^2)$$

C₁, C₂, ..., C_n – молярные концентрации ионов.

Z₁, Z₂, ..., Z_n – заряды ионов, взяты в квадрате.

Активность молекул или ионов (a) a = f · C,

где C – концентрация иона; f - коэффициент активности.

Коэффициент активности (f) (см. приложение, табл. 1)

Для очень разбавленных растворов зависимость коэффициента активности от ионной силы раствора выражается формулой Дебая и Хюккеля:

$$\lg f = -\frac{1}{2} z^2 \sqrt{\mu}$$

Водородный и гидроксильный показатели (pH, pOH):

Ионное произведение воды $[H^+]\cdot[OH^-] = K[H_2O] = K_B = 10^{-14}$

$$[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} \quad [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

$$pH = -\lg [H^+] \quad [H^+] = 10^{-pH}$$

$$pOH = -\lg [OH^-] \quad [OH^-] = 10^{-pOH}$$

$$pH + pOH = 14.$$

Расчет pH через активность: $\alpha_{H^+} = C_{HCl} \cdot f_{H^+}$ $pH = -\lg$

α_{H^+}

Для сильных электролитов: $[H^+] = C_{кислоты}$,

$$[OH^-] = C_{основания};$$

Для слабых электролитов: $[H^+] = \sqrt{C_{кислоты} \cdot K_{кислоты}}$,

$$[OH^-] = \sqrt{C_{основания} \cdot K_{основания}}.$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Определить pH раствора кислоты HCl при заданных концентрациях:

Варианты

Вариант	Концентрация	Вариант	Концентрация
1	0,01 М; 0,05 М	11	$1 \cdot 10^{-3}$ М; 0,2 М
2	0,001 М; 0,04 М	12	$1 \cdot 10^{-3}$ М; 0,075 М
3	$1 \cdot 10^{-4}$ М; 0,03 М	13	$1 \cdot 10^{-4}$ М; 0,082 М
4	$1 \cdot 10^{-5}$ М; 0,06 М	14	$1 \cdot 10^{-2}$ М; 0,09 М
5	0,1 М; 0,045 М	15	0,1 М; 0,095 М
6	$1 \cdot 10^{-2}$ М; 0,025 М	16	$1 \cdot 10^{-3}$ М; 0,085 М
7	$1 \cdot 10^{-3}$ М; 0,035 М	17	$1 \cdot 10^{-5}$ М; 0,058 М
8	$1 \cdot 10^{-4}$ М; 0,015 М	18	$1 \cdot 10^{-6}$ М; 0,046 М
9	$1 \cdot 10^{-5}$ М; 0,055 М	19	$1 \cdot 10^{-8}$ М; 0,53 М
10	$1 \cdot 10^{-4}$ М; 0,065 М	20	$1 \cdot 10^{-7}$ М; 0,029 М

2. Используя данные таблицы, рассчитать массу вещества, содержащегося в 5 л раствора.

Варианты

Вариант	Определяемое вещество	pH	Вариант	Определяемое вещество	pH
1	NaOH	9	11	HNO ₂	5
2	KOH	12	12	NH ₄ OH	9,5

3	HNO ₃	2,8	13	HF	2,2
4	CH ₃ COOH	4,1	14	H ₂ SO ₃	4,8
5	HCOOH	5	15	HCl	2,5
6	Ca(OH) ₂	8,5	16	HCN	4,3
7	H ₂ CO ₃	5,5	17	Ba(OH) ₂	9,2
8	HCN	2,8	18	Ca(OH) ₂	10
9	KOH	10	19	Mg(OH) ₂	9,2
10	H ₂ SO ₄	3	20	H ₂ SO ₄	3

3. С учетом коэффициента активности вычислить pH раствора.

Варианты

Вариант	Определяемое вещество	Вариант	Определяемое вещество
1	0,1 М HCOOH	11	0,015 М H ₂ SO ₄
2	0,01 М NH ₄ OH	12	0,2 М CH ₃ COOH
3	0,1 М H ₂ S	13	0,01 М H ₂ Se
4	0,1 М H ₃ PO ₄	14	0,2 М Cu(OH) ₂
5	0,2 М Ca(OH) ₂	15	0,01 М Pb(OH) ₂
6	0,001 М H ₂ Te	16	0,02 М H ₂ C ₂ O ₄
7	0,1 М H ₂ SO ₃	17	0,5 М H ₂ SeO ₄

8	0,02 М Fe(OH) ₂	18	0,5 М H ₂ CrO ₄
9	0,1 М H ₂ TeO ₃	19	0,05 М Ba(OH) ₂
10	0,5 М Cr(OH) ₃	20	2 М Cr(OH) ₃

ЗАДАНИЕ 3 БУФЕРНЫЕ РАСТВОРЫ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Расчет pH буферных растворов

- буферные растворы, образованные слабой кислотой и ее солью

$$pH = pK_{\text{кислоты}} - \lg C_{\text{кислоты}} / C_{\text{соли}}, \text{ где}$$

pK – силовой показатель кислоты: $pK = - \lg K_{\text{кислоты}}$

- буферные растворы, образованные слабыми основаниями и их солями

$$pOH = pK_{\text{основания}} - \lg C_{\text{основания}} / C_{\text{соли}}$$

зная, что $pH + pOH = 14$, отсюда

$$pH = 14 - pK_{\text{основания}} + C_{\text{основания}} / C_{\text{соли}}$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

1. Как изменится рН формиатного буферного раствора, в 1 л которого содержится 0,40 моль муравьиной кислоты НСООН и 1,00 моль формиата натрия НСООНа, если раствор разбавить водой в 50 раз.

2. Как изменится рН формиатного буферного раствора, в 1 л которого содержится 0,05 моль муравьиной кислоты НСООН и 0,05 моль формиата натрия НСООНа, если к раствору добавить 0,04 моль НСl.

3. Как изменится рН формиатного буферного раствора, в 1 л которого содержится 0,04 моль муравьиной кислоты НСООН и 0,02 моль формиата натрия НСООНа, если к раствору добавить 0,05 моль NaOH.

4. Рассчитать рН буферного раствора, содержащего 0,10 Н раствора уксусной кислоты и 0,20 Н раствора ацетата натрия; $K_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,74 \cdot 10^{-5}$.

5. Найти рН аскорбатного буферного раствора, полученного смешиванием 0,02 М раствора аскорбиновой кислоты $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ и 0,1 М раствора соли этой кислоты.

6. Найти рН аммиачного буферного раствора, состоящего из 0,2 М NH_4OH и 0,2 М NH_4Cl .

7. Найти рН малатного буферного раствора, полученного смешиванием 0,01М 1-яблочной кислоты $\text{HOOCCHONCH}_2\text{COOH}$ и 0,01 М раствора соли этой кислоты.

8. Найти рН тартратного буферного раствора, полученного смешиванием 0,2 М раствора винной кислоты $(\text{CHON})_2(\text{COOH})_2$ и 0,2 М раствора соли этой кислоты.

9. Найти рН глутаминатного буферного раствора, полученного смешиванием 0,015 М раствора глутаминовой кислоты $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ и 0,1 М раствора соли этой кислоты.

10. Найти рН фосфатного буферного раствора, полученного смешиванием 0,05 М раствора H_3PO_4 и 0,05 М раствора фосфата натрия.

11. Найти рН ацетатного буферного раствора, полученного смешиванием 0,2М раствора уксусной кислоты и 0,01 М ацетата натрия.

12. Найти рН аммонийного буферного раствора, полученного смешиванием 0,15 М раствора гидроксида аммония и 0,2 М раствора хлорида аммония

13. Найти pH формиатного буферного раствора, полученного смешиванием 0,1 М раствора муравьиной кислоты и 1 М раствора формиата натрия. Как изменится pH при прибавлении к раствору 0,5 молей NaOH?

14. В 500 мл формиатного буферного раствора содержится по 1,0 г формиата калия и муравьиной кислоты. Найти pH раствора.

15. В 2 л формиатного буферного раствора содержится 0,17 г муравьиной кислоты и 18 г формиата калия. Вычислить pH раствора.

16. Вычислить pH буферного раствора, содержащего 60,05 г CH_3COOH и 8,03 г CH_3COONa в 1 л.

17. Рассчитать pH ацетатного буферного раствора, содержащего по 0,5 моль CH_3COOH и CH_3COOK в 1 л раствора; $pK_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 4,75$.

18. Рассчитать pH буферного раствора, содержащего 0,02 Н раствора хлорида аммония и 0,1 Н раствора гидроксида аммония; $K_{\text{NH}_3} = 1,76 \cdot 10^{-5}$.

19. Рассчитать pH аммонийного буферного раствора, содержащего по 0,2 моль NH_3 и NH_4Cl в 1 л раствора. Как изменится pH раствора, после разбавления водой в 10 раз?

20. Найти pH аскорбатного буферного раствора, полученного смешиванием 0,2 М раствора аскорбиновой кислоты $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ и 0,5 М раствора соли этой кислоты. Как изменится pH раствора, после разбавления водой в 10 раз?

ЗАДАНИЕ 4 ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Класс электролита	Сильные электролиты	Слабые электролиты
Соли	Практически все растворимые соли. Практически все соли с однозарядными катионами	Галогениды некоторых металлов (Hg^{2+} , Cd^{2+} , Bi^{3+}); некоторые соли многоосновных органических кислот
Кислоты	HCl , HBr , HI , H_2SO_4 , HNO_3 , HClO_3 , HClO_4 , HMnO_4	H_2S , H_2CO_3 , HCN , H_3BO_3 , H_2SiO_3 , H_2SO_3 , практически все органические кислоты
Основания	Гидроксиды элементов групп IA (Li – Fr) и IIA (Ca – Ra)	Большинство нерастворимых оснований, слабое

		растворимое основание NH ₄ OH
Комплексные соединения	Имеющие внешнюю сферу	Не имеющие внешней сферы

Расчет константы гидролиза и степени гидролиза солей

Гидролизующие соли	K гид. (константа гидролиза)	h гид. (степень гидролиза)
1. Соль, образована катионом слабого основания и анионом сильной кислоты (по катиону)	$K_{\text{гид.}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{основ.}}}$	$h = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{осн.}} \cdot C_{\text{соли}}}}$
2. Соль, образована катионом сильного основания и анионом слабой кислоты (по аниону)	$K_{\text{гид.}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{кислоты}}}$	$h = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{кисл.}} \cdot C_{\text{соли}}}}$
3. Соль, образована катионом слабого основания и анионом слабой кислоты (по катиону и аниону)	$K_{\text{гид.}} = \frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{осн.}} \cdot K_{\text{кислоты}}}$	$h = \sqrt{\frac{K_{\text{H}_2\text{O}}}{K_{\text{осн.}} \cdot K_{\text{кисл.}}}}$

Вычисление pH и pOH в растворах гидролизующих солей

1. Соль, образована катионом слабого основания и анионом сильной кислоты (по катиону)	$\text{pH} = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{осн.}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{соли}}$ $\text{pOH} = 14 - \text{pH}$
2. Соль, образована катионом сильного основания и анионом слабой кислоты (по аниону)	$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{соли}}$ $\text{pOH} = 7 + \frac{1}{2} \lg K_{\text{кисл.}} - \frac{1}{2} \lg C_{\text{соли}}$
3. Соль, образована катионом слабого основания и анионом слабой кислоты (по катиону и аниону)	$\text{pH} = 7 - \frac{1}{2} \lg K_{\text{кисл.}} + \frac{1}{2} \lg C_{\text{осн.}}$

Примечание Величины $K_{\text{оснований}}$ и $K_{\text{кислот}}$ см. приложение, табл. 2

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Вычислить степень гидролиза 0,1 М раствора следующих солей.

2. Вычислить рН 0,1 М раствора гидролизующих солей.

Варианты

Вариант	Определяемое вещество	Вариант	Определяемое вещество
1	NH ₄ NO ₃	11	Na ₃ BO ₃
2	K ₃ PO ₄	12	Al ₂ S ₃
3	Fe(NO ₂) ₃	13	MgCl ₂
4	Al ₂ (SO ₄) ₃	14	CaCl ₂
5	K ₂ SO ₃	15	(NH ₄) ₂ CO ₃
6	K ₂ CO ₃	16	NaH ₂ BO ₃
7	Cu(NO ₃) ₂	17	AlOHCl ₂
8	CrCl ₃	18	K ₂ SiO ₃
9	K ₂ HPO ₄	19	NaH ₂ PO ₄
10	NaHCO ₃	20	K ₂ SeO ₃

ЗАДАНИЕ 5 ПРОИЗВЕДЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Произведение растворимости (ПР):

Для уравнения типа: $A_m B_n \leftrightarrow m A^+ + n B^-$ $PP_{AmBn} = [A^+]^m \cdot [B^-]^n$

Зная величину ПР можно вычислить его растворимость (S) в моль/л:

- для бинарного электролита (типа BaSO₄, CaCO₃ и др.)

$$S = \sqrt{PP}; \quad PP = S^2$$

- для трехионного электролита (типа CaF₂, Ag₂CrO₄ и др.)

$$S = \sqrt[3]{\frac{PP}{4}}; \quad PP = 4S^3$$

- для четырехионного электролита (типа Ag₃PO₄, BiI₃ и др.)

$$S = \sqrt[4]{\frac{PP}{27}}; \quad PP = 27S^4$$

- для пятиионного электролита (типа Ca₃(PO₄)₂, Bi₂J₃ и др.)

$$S = \sqrt[5]{\frac{PP}{108}}; \quad PP = 108S^5$$

Для того, чтобы вычислить растворимость в г/л необходимо растворимость в моль/л умножить на молярную массу вещества: $S(г/л) = S(моль/л) \cdot M$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

1. Вычислить массу ионов вещества, содержащегося в 5 л насыщенного раствора (значения ПР – таблица 3 приложения)

Варианты

- | | | |
|--------------------------------------|---|-----------------------------------|
| 1. AgBr | 2. Ag ₂ Cr ₂ O ₇ | 3. SnS |
| 4. Ag ₂ CO ₃ | 5. BaCO ₃ | 6. Sb ₂ S ₃ |
| 7. AgCl | 8. BaCrO ₄ | 9. Mg(OH) ₂ |
| 10. Ag ₂ CrO ₄ | 11. FeS | 12. MgSO ₃ |
| 13. AgI | 14. Mn(OH) ₂ | 15. NiCO ₃ |
| 16. AgIO ₃ | 17. MnCO ₃ | 18. Ni(CN) ₂ |
| 19. Ag ₃ PO ₄ | 20. Co(OH) ₃ | |

2. Задачи на расчет ПР, условия образования и выпадения осадка.

Варианты

1. Выпадет ли осадок при смешивании 2 мл 0,01М раствора Na₂CO₃ и 4 мл 0,1М раствора HgCl? ПР (Hg₂CO₃) = 9,0 · 10⁻¹⁷?

2. Выпадет ли осадок при смешивании 3 мл 0,2Н раствора BaCl₂ и 10 мл 0,1Н раствора CaSO₄? ПР (BaSO₄) = 1 · 10⁻¹⁰?

3. ПР (Ag₂C₂O₄) = 5 · 10⁻¹². Какова концентрация ионов Ag⁺ и C₂O₄²⁻ в насыщенном растворе Ag₂C₂O₄?

4. ПР (ZnCO₃) = 9,98 · 10⁻²⁷. Какова концентрация ионов Zn²⁺ и CO₃²⁻ в насыщенном растворе ZnCO₃?

5. ПР (Ca₂C₂O₄) = 2,57 · 10⁻⁹. Образуется ли осадок оксалата кальция Ca₂C₂O₄ при смешивании равных объемов 0,01М растворов CaCl₂ и Na₂C₂O₄?

6. ПР (BaCO₃) = 4,93 · 10⁻⁹. Образуется ли осадок карбоната бария при смешивании равных объемов 0,4М растворов BaCl₂ и K₂CO₃?

7. Выпадет ли осадок Mg(OH)₂ при действии на 0,2 М MgSO₄ равного объема 0,2 М раствора NH₄OH? ПР (Mg(OH)₂) = 6,0 · 10⁻¹⁰?

8. Будет ли осаждаться SrSO₄ при добавлении 5 мл насыщенного раствора CaSO₄ к 20 мл раствора, содержащего 0,5 моль/л стронция?

9. К 50 мл раствора, содержащего 1,7 · 10⁻⁴ моль/л AgNO₃, прибавили 15 мл 0,01М NaCl. Образуется ли осадок AgCl? ПР (AgCl) = 1,8 · 10⁻¹⁰

10. К 1 л раствора, содержащего 2 г K_2CrO_4 , прибавили 1 мл 0,01 М $AgNO_3$. Образуется ли осадок Ag_2CrO_4 ? ПР (Ag_2CrO_4) = $1,1 \cdot 10^{-12}$.

- Вычислить ПР:

11. Растворимость $MgCO_3$ равна $2,1 \cdot 10^{-3}$ г/л.

12. Растворимость SrC_2O_4 равна $4,14 \cdot 10^{-5}$ г/л.

13. Растворимость Hg_2SO_4 равна 0,058 г/л.

14. Растворимость Ag_2CO_3 равна $3,2 \cdot 10^{-3}$ г/л.

15. Растворимость Ag_2S равна $6,8 \cdot 10^{-16}$ г/л.

16. Растворимость $Fe(OH)_3$ равна $9,6 \cdot 10^{-5}$ г/л.

17. Растворимость $BaSO_4$ равна $2,33 \cdot 10^{-4}$ г/л.

18. Растворимость $SrCO_3$ равна $6,0 \cdot 10^{-4}$ г/л.

19. Растворимость $CuCO_3$ равна $2,07 \cdot 10^{-2}$ г/л.

20. Растворимость $Ba_3(PO_4)_2$ равна $2,79 \cdot 10^{-6}$ г/л.

ЗАДАНИЕ 6 КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

- Вычислить концентрацию комплексообразователя и лиганда, а также процент распада комплексного иона:

1. В 1М растворе $[Ag(NH_3)_2]NO_3$, если $K_{нест.} = 9 \cdot 10^{-8}$.

2. В 0,02М растворе $K_3[Fe(CN)_6]$, если $K_{нест.} = 1 \cdot 10^{-44}$.

3. В 0,1М растворе $K_4[Fe(CN)_6]$, если $K_{нест.} = 1 \cdot 10^{-3}$.

4. В 0,03М растворе $K_2[Ni(CN)_4]$, если $K_{нест.} = 2 \cdot 10^{-31}$.

5. В 0,01М растворе $K_3[Al(OH)_4]$, если $K_{нест.} = 1 \cdot 10^{-33}$.

6. В 2М растворе $[Ag(CN)_2]Cl$, если $K_{нест.} = 1 \cdot 10^{-21}$.

7. В 0,1М растворе $K[AuCl_4]$, если $K_{нест.} = 1 \cdot 10^{-22}$.

8. В 0,001М растворе $K_2[PbCl_4]$, если $K_{нест.} = 3 \cdot 10^{-4}$.

9. В 0,9М растворе $[Zn(NH_3)_4]SO_4$, если $K_{нест.} = 2,5 \cdot 10^{-9}$.

10. В 0,5М растворе $[Ag(NH_3)_2]NO_3$, если $K_{нест.} = 9 \cdot 10^{-8}$.

11. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок $AgCl$, если к 0,5л 0,1М раствора $K[Ag(CN)_2]$ прилить равный объем 0,1М раствора KCl ?

$K_{нест.} [Ag(CN)_2]^- = 1 \cdot 10^{-21}$. ПР($AgCl$) = $1,6 \cdot 10^{-10}$.

12. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок $Al(OH)_3$, если к 1л 0,02М раствора $K_3[Al(OH)_4]$ прилить равный объем 0,02М раствора KOH ? $K_{нест.} [Al(OH)_4]^{3-} = 1 \cdot 10^{-33}$. ПР($Al(OH)_3$) = $1,1 \cdot 10^{-15}$.

13. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок AgI, если к 1л 0,03М раствора $K[Ag(CN)_2]$ прилить равный объем 0,03М раствора KI?

$$\text{Кнест. } [Ag(CN)_2]^- = 1,0 \cdot 10^{-21}. \text{ ПР (AgI)} = 1,5 \cdot 10^{-16}.$$

14. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок $Zn(OH)_2$, если к 0,1л 0,2М раствора $Na_2[Zn(OH)_4]$ прилить равный объем 0,2М раствора NaOH?

$$\text{Кнест. } [Zn(OH)_4]^{2-} = 7,08 \cdot 10^{-16}. \text{ ПР (Zn(OH)}_2) = 5 \cdot 10^{-17}.$$

15. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок $ZnCO_3$, если к 1л 0,1М раствора $[Zn(NH_3)_4]CO_3$ прилить равный объем 0,1М раствора NH_4OH ?

$$\text{Кнест. } [Zn(NH_3)_4]^{2+} = 3,46 \cdot 10^{-10}. \text{ ПР (ZnCO}_3) = 1,45 \cdot 10^{-11}.$$

16. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок ZnS, если к 0,5л 1М раствора $[Zn(NH_3)_4]Cl_2$ прилить равный объем 1М раствора Na_2S ?

$$\text{Кнест. } [Zn(NH_3)_4]^{2+} = 3,46 \cdot 10^{-10}. \text{ ПР (ZnS)} = 1,6 \cdot 10^{-24}.$$

17. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок AgCN, если к 0,2л 2М раствора $Na[Ag(CN)_2]$ прилить равный объем 2М раствора NaCN?

$$\text{Кнест. } [Ag(CN)_2]^- = 1,0 \cdot 10^{-21}. \text{ ПР (AgCN)} = 1,4 \cdot 10^{-16}.$$

18. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок AgBr, если к 0,5л 0,5М раствора $Na[Ag(NH_3)_2]$ прилить равный объем 1М раствора NaBr?

$$\text{Кнест. } [Ag(NH_3)_2]^- = 5,89 \cdot 10^{-8}. \text{ ПР (AgBr)} = 5,3 \cdot 10^{-13}.$$

19. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок $Zn(CN)_2$, если к 0,2л 0,5М раствора $Na_2[Zn(OH)_4]$ прилить равный объем 0,5М раствора NaCN?

$$\text{Кнест. } [Zn(OH)_4]^{2-} = 7,08 \cdot 10^{-16}. \text{ ПР (Zn(CN)}_2) = 2,6 \cdot 10^{-13}.$$

20. Произойдет ли разрушение комплекса и выпадет ли осадок $CdCO_3$, если к 0,3л 0,1М раствора $[Cd(NH_3)_4]CO_3$ прилить равный объем 0,1М раствора NH_4OH ?

$$\text{Кнест. } [Cd(NH_3)_4]^{2+} = 2,75 \cdot 10^{-7}. \text{ ПР (CdCO}_3) = 1,0 \cdot 10^{-12}.$$

ЗАДАНИЕ 7 РАВНОВЕСИЯ ПРИ ПРОТЕКАНИИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Уравнение Нернста: $\varphi_{Me^{n+}/Me} = \varphi_{Me^{n+}/Me}^0 + \frac{0,059}{n} \lg[Me^{n+}]$

где φ^0 – стандартный электродный потенциал металла (см. приложение, табл. № 5);

n – число электронов, участвующих в ОВР;

$[Me^{n+}]$ – концентрация ионов металла в растворе, моль/л.

Электродвижущая сила: ЭДС = $\varphi_{\text{окисл.}}^0 - \varphi_{\text{восст.}}^0$.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

Определить направление реакции при стандартных условиях:

1. Определить направление реакции при стандартных условиях: $Cu^{2+} + Fe = Cu + Fe^{2+}$

2. Определить направление реакции при стандартных условиях: $Sn^{2+} + Hg^{2+} = Sn^{4+} + Hg$

3. Определить направление реакции при стандартных условиях: $Fe + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2$

4. Определить направление реакции при стандартных условиях: $AsO_4^{3-} + 2I^- + 2H^+ = AsO_3^{3-} + I_2 + H_2O$

5. Какой ион можно окислить азотной кислотой?

$\varphi^0(NO_3^-/HNO_2) = +0,94$ В.

а) Cr^{3+} ; б) SO_4^{2-} ; в) Mn^{2+} ; г) Fe^{2+} .

6. Вычислить редокс-потенциал пары Sn^{4+}/Sn^{2+} при $[Sn^{4+}] = 0,1$ моль/л; $[Sn^{2+}] = 10^{-4}$ моль/л.

7. Какой ион можно окислить дихроматом в кислой среде?

$\varphi^0(Cr_2O_7^{2-}/2Cr^{3+}) = +1,33$ В.

а) Mn^{2+} ; б) Br^- ; в) Cl^- ; г) I^- .

8. Какой ион можно окислить действием хлора?

$\varphi^0(Cl_2/2Cl^-) = +1,36$ В.

а) Mn^{2+} ; б) Br^- ; в) F^- ; г) Fe^{2+} .

9. Какой ион можно окислить $KMnO_4$ в кислой среде?

$\varphi^0(MnO_4^-/Mn^{2+}) = +1,51$ В.

а) Bi^{3+} ; б) NO_2^- ; в) SO_4^{2-} ; г) F^- .

10. Указать пару, для которой иод является восстановителем: $\varphi^0(I_2/2I^-) = 0,54$ В.

а) $Cl_2/2Cl^-$; б) Sn^{4+}/Sn^{2+} ; в) SO_3^{2-}/S ; г) $S_4O_6^{2-}/2S_2O_3^{2-}$.

11. В какой последовательности окисляются ионы перманганатом? $\varphi^0(MnO_4^-/Mn^{2+}) = +1,51$ В.

а) Fe^{2+} , Sn^{2+} , Cr^{2+} ; б) Sn^{2+} , Cr^{2+} , Fe^{2+} ; в) Cr^{2+} , Fe^{2+} , Sn^{2+} ; г) Cr^{2+} , Sn^{2+} , Fe^{2+} .

12. Можно ли действием нитрита натрия в кислой среде восстановить: а) MnO_4^- до Mn^{2+} ; б) Zn^{2+} до Zn ;
в) ClO_3^- до Cl^- ; г) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ до Cr^{3+} ?

13. Какой ион можно восстановить действием иода?

$$\varphi^\circ \text{I}_2/2\text{I}^- = +0,54 \text{ В.}$$

а) Mn^{2+} ; б) Sn^{4+} ; в) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$; г) SO_4^{2-} .

14. Какой из окислителей MnO_2 , PbO_2 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – является наиболее эффективным по отношению к HCl ?

15. Вычислить потенциал системы $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ при следующих активностях:

$$[\text{Fe}^{3+}] = 0,1 \text{ моль/л}; [\text{Fe}^{2+}] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

16. Можно ли в качестве окислителя в кислой среде использовать $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в следующих процессах при стандартных условиях:

а) $2\text{Cl}^- - 2e \rightarrow \text{Cl}_2$; б) $2\text{F}^- - 2e \rightarrow \text{F}_2$; в) $2\text{I}^- - 2e \rightarrow \text{I}_2$

17. Можно ли окислить $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ действием KMnO_4 в кислой среде с получением $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$?

18. Можно ли окислить ион Cl^- бромной водой в кислой среде?

19. Можно ли использовать KMnO_4 в качестве окислителя в следующих процессах при стандартных условиях:

а) $\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} - 2e \rightarrow \text{NO}_3^- + 3\text{H}^+$

б) $\text{H}_2\text{S} - 2e \rightarrow \text{S}^0 + 2\text{H}^+$

20. Вычислить редокс-потенциал пары $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$ при $[\text{MnO}_4^-] = [\text{Mn}^{2+}]$, $[\text{H}^+] = 1 \text{ моль/л}$.

РАЗДЕЛ 2 КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

ЗАДАНИЕ 8 ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Расчет массы навески: - для кристаллических осадков:

$$m(\text{навески}) = \frac{a \cdot M(\text{анализируемого вещества}) \cdot 0,5}{b \cdot M(\text{весовой формы})}$$

- для аморфных осадков:

$$m(\text{навески}) = \frac{a \cdot M(\text{анализируемого вещества}) \cdot 0,1}{b \cdot M(\text{весовой формы})},$$

где – a, b – коэффициенты в уравнении реакции;

M – молярная масса анализируемого вещества и весовой формы осадка.

Гравиметрический фактор (фактор пересчета, аналитический множитель) F:

$$F = \frac{a \cdot A(\text{элемента})}{b \cdot M(\text{весовая форма})} \quad \text{или}$$

$$F = \frac{a \cdot M(\text{вещества})}{b \cdot M(\text{весовая форма} \cdot \text{осадка})}, \text{ где}$$

a,b - целые числа, на которые нужно умножить молярные массы, чтобы число атомов определяемого компонента в числителе и в знаменателе дроби было одинаковым.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

1. Вычислить процентное содержание кристаллизационной воды в образце хлорида натрия, если масса тигля 7,2393 г; масса тигля с навеской 7,8809 г; масса тигля с осадком после высушивания 7,8616 г.
2. Вычислить процентное содержание кристаллизационной воды в образце частично выветрившегося кристаллогидрата соды, если масса бюкса 25,6874 г; масса бюкса с навеской 27,2594 г; масса бюкса с осадком после высушивания 27,0269 г.
3. Вычислить процентное содержание кристаллизационной воды в образце хлорида бария, если навеска его составила 2,6248 г; после высушивания до постоянной массы стала весить 2,3517 г.
4. Вычислить процентное содержание в образце серы, если из навески пирита после обработки получено 0,4524 г

прокаленного осадка BaSO_4 (с учетом гравиметрического фактора).

5. Вычислить процентное содержание в образце серебра, если из навески 0,1023 г сплава получено 0,1296 г осадка AgCl (с учетом гравиметрического фактора).

6. Вычислить процентное содержание в образце магния, если из навески 1,8710 г мрамора получено 0,0827 г осадка $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$ (с учетом гравиметрического фактора).

7. Вычислить процентное содержание в образце кальция, если из навески 0,9855 г мрамора получено 0,9825 г осадка CaSO_4 (с учетом гравиметрического фактора).

8. Вычислить процентное содержание в образце кальция, если из навески суперфосфата 1,4010 г получено 0,1932 г прокаленного осадка CaO (с учетом гравиметрического фактора).

9. Вычислить процентное содержание в образце алюминия, если из навески технического $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 0,5278 г получено 0,1552 г осадка Al_2O_3 .

10. Вычислить процентное содержание в образце железа, если из навески железной руды 1,8710 г получено 0,0342 г осадка Fe_2O_3 (с учетом гравиметрического фактора).

11. Вычислить процентное содержание в образце свинца, если из 1,0000 г бронзы получено 0,0430 г PbSO_4 (с учетом гравиметрического фактора).

12. Рассчитать навеску для анализа, методом прокаливания, 30% сульфита железа на содержание серы в виде BaSO_4 .

13. Рассчитать навеску для анализа, методом прокаливания, технической поваренной соли, содержащей 6% примесей на содержание хлора в виде AgCl .

14. Рассчитать навеску для анализа, методом прокаливания, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ на содержание меди, если ее определяют в виде CuO после осаждения гидроксида.

15. Рассчитать навеску для анализа, методом прокаливания, железной руды, содержащей около 70% железа для определения железа, осаждаемого в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

16. Рассчитать навеску для анализа, методом прокаливания, алюмокалиевых квасцов на содержание алюминия, осаждаемого в виде $\text{Al}(\text{OH})_3$.

17. Рассчитать навеску для анализа, методом прокаливания, доломита, содержащего около 10% магния, на содержание MgO , если магний осаждается в виде NH_4MgPO_4 .

18. Вычислить процентное содержание в образце алюминия, если из навески 2,0000 г анализируемого образца после осаждения и прокаливания было получено 0,2040 г Al_2O_3 (с учетом гравиметрического фактора).

19. Вычислить процентное содержание в образце магния, если из навески 0,4930 г анализируемого образца магнезита после осаждения и прокаливания было получено 0,2512 г MgO (с учетом гравиметрического фактора).

20. Вычислить процентное содержание в образце бария, если из навески 0,50 г анализируемого образца барита после осаждения и прокаливания было получено 0,12 г BaO (с учетом гравиметрического фактора).

Молярная концентрация (C(X), моль/л, М) $C(x) = \frac{m(x)}{M \cdot V}$,

где V – объём раствора в литрах; M - молярность

Молярная концентрация эквивалента (C(1/Z), моль/л, Н)

$$C\left(\frac{1}{Z}\right)(x) = \frac{m(x)}{M_{\text{э}}(x) \cdot V}, \text{ где } V \text{ – объём раствора в литрах.}$$

Вычисление молярной массы эквивалента вещества

$$M_{\text{э}}(X) = M(X) \cdot 1/Z$$

Титр (Т, г/мл)

$$T(x) = \frac{m(x)}{V};$$

$$T(x) = \frac{C\left(\frac{1}{Z}\right)(x) \cdot M_{\text{э}}(x)}{1000}$$

Титр по определяемому веществу

$$T_{\text{(раб.раствора / по-опред.веществу)}} = \frac{C(f(x))_{\text{раб.раствора}} \cdot M(f(x))_{\text{опред.вещества}}}{1000}$$

ЗАДАНИЕ 9 ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Массовая доля растворенного вещества (ω%)

$$\omega\%(x) = \frac{m(x)}{m(p-pa)} \cdot 100\% \quad ; \quad m(p-pa) = V \cdot \rho$$

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

1. Вычислить объём 0,02М раствора гидроксида бария, необходимый для титрования 15 мл 0,1М раствора серной кислоты.

2. Вычислите объем 0,1М раствора азотной кислоты, необходимый для нейтрализации раствора гидроксида калия, содержащего 0.084 г КОН.
3. Какой объем 0,15М раствора NaOH пойдет на титрование 21,00 мл 0,1133М раствора HCl?
4. Какая масса HNO₃ содержится в 500 мл раствора, если титр его равен 0,006300 г/мл.
5. Сколько мл 0,3М раствора Ba(OH)₂ требуется для нейтрализации 45 мл 0,5М раствора H₂SO₄?
6. Титр раствора HCl равен 0,993592 г/мл. Вычислить молярную концентрацию эквивалента кислоты.
7. На титрование 20 мл раствора MgSO₄, приготовленного из 1,5250 г безводного MgSO₄ (х.ч.) в мерной колбе емкостью 500 мл расходуется 19,55 мл раствора комплексона III. Определите титр по Mg и молярную концентрацию эквивалентов раствора комплексона III.
8. Вычислить объем 0,1М раствора гидроксида натрия, необходимый для нейтрализации раствора соляной кислоты, массой 0,15 г. Объем вычислить в мл.
9. В мерной колбе емкостью 200 мл приготовлен раствор щавелевой кислоты. На 20 мл этого раствора расходуется

18,25 мл раствора KMnO₄ с титром 0,0016 г/мл. Сколько граммов безводной H₂C₂O₄, содержалось в колбе?

10. На титрование 10 мл раствора соли Ca²⁺ израсходовано 15 мл 0,05 Н раствора комплексона III. Вычислить массу (г) Ca²⁺ в растворе.
11. На титрование 20 мл 0,1 М раствора щавелевой кислоты затрачено 25 мл раствора KMnO₄. Вычислить молярную концентрацию эквивалента KMnO₄.
12. Сколько граммов (NH₄)₂C₂O₄ · H₂O необходимо взять для приготовления 250 мл раствора, на титрование 10 мл которого будет расходоваться 25 мл 0,1Н раствора перманганата калия?
13. На титрование 20 мл раствора оксалата натрия Na₂C₂O₄ расходуется 21,5 мл 0,1Н раствора KMnO₄. Сколько г Na₂C₂O₄ содержал раствор?
14. Вычислить объем в мл 0,2М раствора гидроксида калия, необходимый для нейтрализации раствора азотной кислоты с массой 0,5 г.
15. Для нейтрализации 20 мл раствора гидроксида калия было затрачено 12 мл соляной кислоты с концентрацией

эквивалентов 0,11 моль/л (Н). Вычислить молярную концентрацию эквивалентов раствора гидроксида калия.

16. На титрование 10 мл минеральной воды затрачено 10,50 мл 0,02 Н раствора комплексона III. Рассчитать жесткость анализируемой воды (ммоль/л).

17. На титрование 20 мл минеральной воды затрачено 20 мл 0,02 Н раствора комплексона III. Рассчитать жесткость анализируемой воды (моль/л).

18. Рассчитать титр и молярную концентрацию эквивалента полученного раствора, если навеска $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ составила 1,5020 г и растворена в мерной колбе на 100 мл.

19. Вычислить, сколько граммов железной проволоки, необходимая взять, если на титрование 150 мл раствора соли железа пошло 100 мл 0,1 Н раствора перманганата калия, титр которого равен 0,01053 г/мл? Объем колбы равен 500 мл.

20. Рассчитать Т (HCl/K₂O), если молярная концентрация эквивалента HCl равна 0,09798 Н. Сколько оксида калия содержит раствор, если на его титрование затрачено 15 мл раствора соляной кислоты?

РАЗДЕЛ 3 ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

ЗАДАНИЕ 10 ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРИЯ. СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Закон Бугера – Ламберта – Бера: $I = I_0 \cdot 10^{-E \cdot C \cdot l}$, где

I – интенсивность света, прошедшего через раствор;

I₀ – интенсивность потока света, падающего на раствор;

E – коэффициент поглощения света (молярный коэффициент поглощения);

C – молярная концентрация;

l – толщина слоя, см.

Оптическая плотность раствора (D): $D = E \cdot C \cdot l$

Пропускание (прозрачность) T: $D = - \lg T$, если T выражена в процентах, тогда оптическая плотность вычисляется по формуле: $D = 2 - \lg T$.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

- Пользуясь данными, приведенными в таблице, рассчитать X:

Вариант	Оптическая плотность	Молярный коэффициент поглощения	Толщина слоя, см	Концентрация, моль/л
1	X	9300	1	$6,2 \cdot 10^{-5}$
2	X	7000	1	$2,5 \cdot 10^{-5}$
3	0,310	X	2	$4,2 \cdot 10^{-4}$
4	0,634	30 000	2	X
5	0,892	30 000	1	X
6	0,275	4200	X	$2,2 \cdot 10^{-5}$
7	0,0014	X	5	$1 \cdot 10^{-3}$
8	0,015	$5 \cdot 10^4$	5	X
9	0,75	X	5	0,01
10	X	$1 \cdot 10^4$	1	$1 \cdot 10^{-4}$

11. При определении концентрации нитратов в помидорах получили следующие данные:

$C(\text{NO}_3^-)$, мг/см ³	0,002	0,005	0,01	0,05	0,1	0,15
D	0,30	0,37	0,46	0,97	2,44	3,08

Построить градуировочный график. Найти концентрацию нитратов при оптической плотности 0,35.

12. При определении концентрации марганца в природной воде получили следующие данные:

$C(\text{Mn}^{2+})$, мг/см ³	0,0	1,0	2,0	4,0	5,0	8,0	9,0	10,0
D	0,0	0,02	0,05	0,12	0,14	0,21	0,24	0,26

Построить градуировочный график. Найти концентрацию марганца при оптической плотности 0,06.

13. При определении концентрации аммонийного азота в капусте получили следующие данные:

$C(\text{NH}_4^+)$, мкг/кг	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15
D	0,18	0,24	0,43	0,72	1,29	2,03

Построить градуировочный график. Найти концентрацию аммонийного азота при оптической плотности 0,30.

15. При определении концентрации фосфатов в природной воде получили следующие данные:

$C(\text{PO}_4^{3-})$, мг/см ³	0,0005	0,001	0,002	0,005	0,01
D	0,38	0,42	0,57	0,63	0,82

Построить градуировочный график. Найти концентрацию фосфатов при оптической плотности 0,62.

16. При определении концентрации свинца в зерне получили следующие данные:

$C(\text{Pb}^{2+})$, мкг/кг	0,0	0,5	1,0	5,0	10,0	25,0	30,0	50,0
D	0,0	0,12	0,20	0,39	0,40	0,52	0,60	0,74

Построить градуировочный график. Найти концентрацию свинца при оптической плотности 0,63.

17. При определении концентрации железа в минеральной воде получили следующие данные:

$C(\text{Fe}^{3+})$, мг/см ³	0,0	0,5	1,0	2,0	4,0	5,0
D	0,0	0,005	0,015	0,045	0,065	0,080

Построить градуировочный график. Найти концентрацию железа при оптической плотности 0,055.

18. При определении концентрации кадмия в пробах пшеницы получили следующие данные:

$C(\text{Cd}^{2+})$, мкг/кг	0,1	0,2	0,4	0,5	0,8	1,0
D	0,05	0,11	0,15	0,23	0,45	0,50

Построить градуировочный график. Найти концентрацию кадмия при оптической плотности 0,08.

19. При определении концентрации нитратов в арбузе получили следующие данные:

$C(\text{NO}_3^-)$, мг/см ³	0,0	0,005	0,01	0,05	0,1	0,15	0,2
D	0,0	0,35	0,46	0,95	2,5	3,08	3,53

Построить градуировочный график. Найти концентрацию нитратов при оптической плотности 1,5.

20. При определении концентрации свинца в рисе получили следующие данные:

$C(\text{Pb}^{2+})$, мг/мл	0,0	0,001	0,005	0,01	0,05	0,1
D	0,0	0,10	0,22	0,31	0,45	0,50

Построить градуировочный график. Найти концентрацию свинца при оптической плотности 0,35.

ЗАДАНИЕ 11 РЕФРАКТОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ. ПОЛЯРИМЕТРИЯ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Рефрактометрический фактор (F): $F = \frac{n_2 - n_1}{c_2 - c_1} = \frac{\Delta n}{\Delta c}$;

$$n_x = n_0 + FC_x; \quad C(x) = \frac{n_x - n_0}{F}, \quad \text{где}$$

n_2 – показатель преломления раствора с большей известной концентрацией c_2 ; n_1 – показатель преломления раствора с меньшей известной концентрацией c_1 ; n_x – показатель преломления анализируемого раствора с концентрацией c_x ; n_0 – показатель преломления растворителя.

Влияние температуры: $n_D^t = n_D^{20} + (20^0 - t) \cdot 0,0002$, где n_D^{20} – справочные данные показателя преломления при 20°C.

Удельное и молярное вращение:

- удельное вращение для чистого жидкого вещества:

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\beta}{\rho \cdot \ell}$$

- для растворов: $[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\beta \cdot 100}{C \cdot \ell}$

- молярное вращение: $[\alpha_M]_{\lambda}^t = [\alpha]_D^{20} \cdot M$, где

β – угол вращения, в градусах; ρ – плотность, г/см³;

ℓ – длина кюветы, дм;

C – концентрация г/100 мл; t – температура опыта;

λ – длина волны светового луча; M – молярная масса;

$[\alpha]_D^{20}$ – удельное вращение для линий D в спектре натрия (см. приложение табл.6).

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

1. Для определения массовой доли пропилового спирта C_3H_7OH в водном растворе измерили показатели преломления стандартных растворов:

Мас. доля спирта, %	0	10	20	30	40
n_D^{20}	1,3330	1,3427	1,3523	1,3620	1,3710

Построить градуировочный график и рассчитать массовые доли пропилового спирта в растворах, показатели преломления которых равны 1,3470 и 1,3615.

2. Для построения градуировочного графика приготовили растворы глицерина $C_3H_8O_3$ в воде, показатели преломления полученных растворов составили:

ω %	0	2	4	6	8	10
n_D^{20}	1,3330	1,3627	1,3896	1,4141	1,4364	1,4730

Построить градуировочный график и вычислить массовые доли глицерина в смесях, показатели преломления которых равны 1,4005 и 1,4446

3. Для определения концентрации жира в какао измерили показатели преломления стандартных растворов:

Концентрация,%	0	6	12	18	24
n_D^{20}	1,3330	1,4630	1,5234	1,5827	1,6510

Построить градуировочный график и рассчитать концентрацию жира в какао, показатели преломления которых равны 1,5830 и 1,6420.

4. При определении массовой доли этиленгликоля в водных растворах градуировочный график построили по следующим данным:

Мас. доля,%	10,0	20,0	30,0	40,0
n_D^{20}	1,3430	1,3530	1,3630	1,3736

Найти показатель преломления стандартного раствора с массовой долей 25,5%

5. При определении массовой доли жира в смеси сливочного масла, меда и фруктового сока градуировочный график построили по следующим данным:

Мас. доля жира, %	89,8	87,9	86,9	83,7
n_D^{20}	1,5290	1,5300	1,5305	1,5320

Показатель преломления анализируемого образца равен 1,5344. Рассчитать массу жира в 500 г смеси сливочного масла, меда и фруктового сока.

6. Для установления содержания лактозы $C_6H_{12}O_6$ в цельном молоке измерили показатели преломления стандартных растворов:

Мас. доля лактозы, %	4,00	4,04	4,08	4,13
n_D^{20}	1,3409	1,3411	1,3414	1,3415

Показатель преломления лактозы в анализируемой пробе равен 1,3412. Построить градуировочный график. Рассчитать по графику и по рефрактометрическому фактору массовую долю лактозы в цельном молоке.

7. Для установления содержания подсолнечного масла в семенах подсолнечника измерили показатели преломления стандартных растворов:

Мас. доля масла, %	5,0	10,0	15,0	20,0
n_D^{20}	1,4736	1,5249	1,6350	1,6570

Показатель преломления подсолнечного масла в анализируемой пробе равен 1,5801. Построить градуировочный график. Рассчитать по графику и по рефрактометрическому фактору массовую долю масла в семенах подсолнечника.

8. При определении массовой доли жира в навеске маргарина градуировочный график построили по следующим данным:

Мас. доля, %	5,0	10,0	15,0	25,0
n_D^{20}	1,4690	1,4910	1,5268	1,5307

Найти показатель преломления стандартного раствора с массовой долей 23,82%

9. Для определения содержания водных растворов аскорбиновой кислоты измерили показатели преломления стандартных растворов:

Концентрация, %	0	4,5	6,4	10,0	12,5
n_D^{20}	1,3330	1,3400	1,3430	1,3460	1,3500

Построить градуировочный график и рассчитать содержание аскорбиновой кислоты в анализируемом растворе, показатель преломления которой равен 1,3420.

10. Для построения градуировочного графика приготовили растворы сахарозы $C_{12}H_{22}O_{11}$ в воде, показатели преломления полученных растворов составили:

ω %	0	10	30	40	45	50
n_D^{20}	1,3330	1,3412	1,3460	1,3508	1,3532	1,3550

Построить градуировочный график и вычислить массовые доли сахарозы в смесях, показатели преломления которых равны 1,3471 и 1,3511.

11. В 100 см^3 раствора содержится 25,0 г фруктозы. Вычислить угол вращения плоскости поляризации раствора в поляриметрической трубке длиной 20 см. Удельное вращение плоскости поляризации фруктозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ $[\alpha]_D^{20} = -92,0^\circ$.

12. Раствор сахарозы вращает плоскость поляризации вправо на $9,5^\circ$ ($\ell = 2 \text{ дм}$), $[\alpha]_D^{20} = +66,8^\circ$. Рассчитать массу сахарозы (г) в 100 см^3 раствора.

13. Удельное вращение плоскости поляризации никотина $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$ $[\alpha]_D^{20} = -62,0^\circ$. Рассчитать молярное вращение никотина.

14. Раствор глюкозы в поляриметрической трубке длиной 20 см вращает плоскость поляризации вправо на $12,0^\circ$, $[\alpha]_D^{20} = +52,5^\circ$. Рассчитать массу глюкозы (г) в 100 см^3 раствора.

15. Удельное вращение плоскости поляризации водного раствора сахарозы $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ $[\alpha]_D^{20} = +66,8^\circ$. Рассчитать молярное вращение сахарозы.

16. Удельное вращение плоскости поляризации фруктозы $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ $[\alpha]_D^{20} = -96,0^\circ$. В 100 см^3 раствора содержится 5,0 г фруктозы. Вычислить угол вращения плоскости поляризации раствора в поляриметрической трубке длиной 1,0 дм.

17. Удельное вращение плоскости поляризации сегнетовой соли $\text{K}_4\text{NaN}_4\text{C}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ $[\alpha]_D^{20} = +29,7^\circ$. Рассчитать молярное вращение соли.

18. Удельное вращение плоскости поляризации тартрата калия

$K_2H_4C_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ $[\alpha]_D^{20} = +27,1^\circ$. Рассчитать молярное вращение соли.

19. Раствор фруктозы $C_6H_{12}O_6$, помещенный в поляриметрическую трубку длиной 10 см, вращает плоскость поляризации влево, на $14,0^\circ$, $[\alpha]_D^{20} = -96,0^\circ$. Найти массу винной кислоты (г) в 100 см^3 раствора.

20. Раствор d- винной кислоты $C_4H_6O_6$, помещенный в поляриметрическую трубку длиной 20 см, вращает плоскость поляризации вправо, на 4° , $[\alpha]_D^{20} = +12,0^\circ$. Найти массу винной кислоты (г) в 100 см^3 раствора.

ЗАДАНИЕ №12 ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Уравнение Нернста:
$$\varphi_{\text{ox/red}} = \varphi_{\text{ox/red}}^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{[\text{ox}]}{[\text{red}]},$$

φ - электродный потенциал металлического электрода;

φ^0 - стандартный электродный потенциал (см. приложение табл. 5);

n – заряд ионов металла;

$[\text{ox}]$ и $[\text{red}]$ – равновесные концентрации окисленной $[\text{ox}]$ и восстановленной $[\text{red}]$ формы.

$$\text{ЭДС} = \varphi_{\text{окисл.}}^0 - \varphi_{\text{восст.}}^0$$

Варианты заданий:

- Вычислить ЭДС гальванического элемента:

1. Zn/Zn^{2+} ($1 \cdot 10^{-3}$ моль/л) // Cu^{2+} (0,1 моль/л)/Cu
2. Al/Al^{3+} (0,05 моль/л) // Ag^+ (0,03 моль/л)/Ag
3. Pt/Pt^{2+} ($1 \cdot 10^{-2}$ моль/л) // Fe^{2+} (0,01 моль/л)/Fe
4. Sn/Sn^{2+} (0,01 моль/л) // Fe^{2+} (0,001 моль/л)/Fe
5. Sn/Sn^{4+} (0,001 моль/л) // Fe^{3+} (0,01 моль/л)/Fe
6. Fe/Fe^{2+} ($1 \cdot 10^{-3}$ моль/л) // $Cr_2O_7^{2-}$ (0,1 моль/л)/Cr
7. Fe/Fe^{3+} ($1 \cdot 10^{-6}$ моль/л) // Cr^{3+} ($1 \cdot 10^{-6}$ моль/л)/Cr

8. Mn/Mn^{2+} (0,05 моль/л) // Fe^{2+} (0,05 моль/л)/Fe
9. Mn/MnO_4^- (0,1 моль/л) // Fe^{3+} (0,1 моль/л)/Fe
10. H_2 (Pt)/ HClO_4 (0,05 моль/л) // AgCl (0,01 моль/л)/Ag
11. $\text{Hg}/\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ (0,2 моль/л) // HCl (0,1 моль/л)/ H_2 (Pt)
12. Ag/AgNO_3 (0,001 моль/л) // AgI (1 моль/л)/Ag
13. Al/Al^{3+} (0,03 моль/л) // Au^{3+} (0,1 моль/л)/Au
14. Cr/Cr^{3+} ($1 \cdot 10^{-4}$ моль/л) // Cr^{3+} ($1 \cdot 10^{-2}$ моль/л)/Cr
15. $\text{Zn}/\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ (0,1 моль/л) // AgCl (1 моль/л)/Ag
16. Вычислить потенциал никелевого электрода, помещенного в 0,01 моль/л раствор NiCl_2 , относительно насыщенного хлорсеребряного электрода ($\varphi^\circ_{\text{ХС}} = 0,201 \text{ В}$)
17. Вычислить потенциал серебряного электрода, помещенного в 0,1 моль/л раствор AgNO_3 , относительно каломельного электрода ($\varphi^\circ_{\text{К}} = 0,284 \text{ В}$)
18. Вычислить потенциал кадмиевого электрода, помещенного в 0,2 моль/л раствор CdCl_2 , относительно стандартного водородного электрода ($\varphi^\circ_{\text{В}} = 0 \text{ В}$)
19. Вычислить потенциал ртутного электрода, помещенного в 0,05 моль/л раствор $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, относительно хингидронного электрода ($\varphi^\circ_{\text{ХГ}} = 0,703 \text{ В}$)

20. Вычислить потенциал серебряного электрода, помещенного в 0,01 моль/л раствор AgNO_3 , относительно насыщенного хлорсеребряного электрода ($\varphi^\circ_{\text{ХС}} = 0,201 \text{ В}$)

ЗАДАНИЕ №13 ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

ОСНОВНЫЕ ФОРМУЛЫ

Коэффициент разделения (α) $\alpha = X_A / X_B$,

где X_A и X_B – расстояния от стартовой линии до центра пятна компонентов А и В соответственно. Если $\alpha \rightarrow 1$, то компоненты А и В не разделяются.

Коэффициент подвижности (смещения пятен)

$$Rf = L / li,$$

где L , li - путь пройденный компонентом и растворителем.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ:

Варианты

1. При разделении в тонком слое коэффициенты смещения Rf , полученные при хроматографировании стандартных растворов глицина, аланина, валина и лейцина, соответственно равны 0,16; 0,29; 0,38 и 0,95 мм. При хроматографировании смеси в тех же условиях центр пятна одной из аминокислот сместился на 12,46 мм. Фронт

растворителя прошел 32,8 мм. Идентифицировать эту кислоту в анализируемом растворе.

2. Расстояние от стартовой линии до центров пятен составили 12,8 и 25,7 мм соответственно для компонентов X и Y. Фронт растворителя прошел 5,3 см. При хроматографировании стандартных растворов алкалоидов в тех же условиях установили коэффициенты смещения Rf : кокаин – 0,24; кофеин – 0,49; морфин – 0,70; хинин – 0,79. Идентифицировать компоненты X и Y.

3. Алкалоиды никотин и хинин разделили методом хроматографии в тонком слое. Фронт растворителя переместился на 12,5 см, после проявления хроматограммы пятна алкалоидов сместились на 5,5 и 9,4 см соответственно. Найти коэффициенты смещения никотина и хинина.

4. При разделении в тонком слое смеси аминов расстояние от стартовой линии до центров пятен составило 9,8 и 13,9 см соответственно для компонентов X и Y. Фронт растворителя прошел 19,2 см. При хроматографировании стандартных

растворов аминов в тех же условиях установили коэффициенты смещения Rf: бутиламин – 0,94; диэтиламин – 0,72; метилэтиламин – 0,51; метиламин – 0,29. Идентифицировать компоненты X и Y в разделяемой смеси.

5. Аминоэнантовую и α -аминоянтарную кислоты разделили методом хроматографии в тонком слое. Фронт растворителя переместился на 90,0 мм, после проявления хроматограммы центры пятен аминоэнантовой и α -аминоянтарной кислот сместились на 38,0 и 16,2 мм соответственно. Рассчитать коэффициент разделения аминокислот.

6. При хроматографировании в тонком слое расстояние от стартовой линии до центра пятна одной из пищевых кислот 50,00 мм. Фронт растворителя прошел 19,5 см. При хроматографировании стандартных растворов в тех же условиях установили коэффициенты смещения Rf: яблочная – 0,87; винная – 0,72; янтарная – 0,39; глиоксалева – 0,15. Идентифицировать данную пищевую кислоту.

7. Расстояния от стартовой линии до центров пятен для компонентов X₁ и X₂ равны 33,6 и 48,8 мм соответственно. Фронт растворителя прошел 71,6 мм. В тех же условиях при хроматографировании стандартных растворов сахаров установили коэффициенты смещения Rf: фруктоза – 0,262; глюкоза – 0,470; сахароза – 0,5691; мальтоза – 0,680. Идентифицировать компоненты X₁ и X₂.

8. Коэффициенты смещения лимонной, молочной, яблочной и винной кислот составили 0,12; 0,23, 0,54 и 0,82 мм соответственно. Анализируемый раствор, содержащий одну из этих кислот, хроматографировали в тех же условиях. Фронт растворителя при этом сместился на 68 мм, пятно определяемого компонента – на 37 мм. Идентифицировать эту кислоту в анализируемом растворе.

9. Аминокислоты аланин и триптофан разделили методом хроматографии в тонком слое. Фронт растворителя переместился на 120 мм, после проявления хроматограммы раствором нингидрина центры пятен аланина и триптофана

сместились на 55 и 78 мм соответственно. Найти коэффициенты смещения аланина и триптофана.

10. При хроматографировании на бумаге смеси сахаров расстояние от стартовой линии до центров пятен сахаров составили 24,0 и 18,5 см. Фронт растворителя прошел 42,5 см. При хроматографировании стандартных растворов сахаров в тех же условиях установили коэффициенты смещения R_f : фруктоза – 0,44; глюкоза – 0,56; сахароза – 0,71 и мальтоза – 0,95 мм. Идентифицировать сахара в растворе.

11. Аминокислоты лизин и тирозин разделили методом нисходящей хроматографии на бумаге. Фронт растворителя переместился на 86 мм, после проявления хроматограммы раствором нингидрина центры пятен лизина и тирозина сместились на 72 и 7 мм соответственно. Найти коэффициенты смещения лизина и тирозина.

12. Коэффициенты смещения хидрохинона, гваякола, флороглюцина и пирогаллона составили 0,12; 0,30; 0,46 и

0,92 мм соответственно. Анализируемый раствор, содержащий один из замененных фенола, хроматографировали в тех же условиях. Фронт растворителя при этом сместился на 78 мм; пятно определяемого компонента – на 35,9 мм. Идентифицировать данное соединение.

13. При разделении в тонком слое коэффициенты смещения R_f , полученные при хроматографировании стандартных растворов мальтозы, фруктозы, глюкозы и арабинозы, соответственно равны 0,92; 0,85; 0,63 и 0,525 мм. При хроматографировании в тех же условиях раствора, содержащего один из сахаров, расстояние от стартовой линии до центра пятна составило 23,8 см. Фронт растворителя прошел 29,5 см. Идентифицировать данный компонент в анализируемом растворе.

14. Аспарагиновую и арахидоновую кислоты разделили методом хроматографии в тонком слое. Фронт растворителя переместился на 125 мм, после проявления хроматограммы пятна кислот сместились на 56 и 84 мм соответственно.

Найти коэффициенты смещения аспарагиновой и арахионовой кислот соответственно.

15. При разделении в тонком слое смеси сахаров расстояние от стартовой линии до центров пятен составили 19,8 и 23,9 см соответственно для компонентов X и Y. Фронт растворителя прошел 29,5 см. При хроматографировании стандартных растворов сахаров в тех же условиях установили коэффициенты смещения Rf: глюкоза – 0,81; глюкопираноза – 0,78; фруктопираноза – 0,67; рибоза – 0,49. Идентифицировать компоненты X и Y в разделяемой смеси.

16. Аминокислоты фенилаланин и тирозин разделили методом хроматографии на бумаге. Фронт растворителя переместился на 86,5 мм, после проявления хроматограммы центры пятен фенилаланина и тирозина сместились на 49 и 26 мм соответственно. Найти коэффициент разделения аминокислот.

17. Расстояния от стартовой линии до центров пятен 16,8 и 24,4 см соответственно для компонентов X₁ и X₂. Фронт

растворителя прошел 35,8 см. При хроматографировании стандартных растворов сахаров в тех же условиях коэффициенты смещения Rf равны: фруктоза – 0,262; глюкоза – 0,470; сахароза – 0,5691 и мальтоза – 0,680. Идентифицировать компоненты X₁ и X₂ в вытяжке из пивного сула.

18. Лизин и тирозин разделили методом нисходящей хроматографии. Фронт растворителя переместился на 95 мм, после проявления хроматограммы центры пятен лизина и тирозина сместились на 64 и 7,5 мм соответственно. Найти коэффициент разделения аминокислот.

19. Летучие карбонильные соединения пива после предварительного осаждения смесью 2,4-динитрофенилгидразина и HCl идентифицировали методом нисходящей хроматографии на бумаге (элюент – этанол с массовой долей 96%). Расстояние, пройденное фронтом растворителя, составило 12,5 см. После проявления хроматограммы раствором щелочи получили 4 пятна 2,4-динитрофенилгидразонов на расстоянии от линии старта

10,8; 7,1; 6,4 и 4,75 см. При хроматографировании в тех же условиях стандартных препаратов карбонильных соединений установлены следующие коэффициенты смещения пятен 2,4-динитрофенилгидразонов:

производное	Rf	производное	Rf
- изомасляного альдегида	0,86	- фурфурола	0,48
- ацетона	0,63	- формальдегида	0,39
- фенилацетальдегида	0,57	- пропионового альдегида	0,17
- ацетальдегида	0,51	- тяжелых ароматических веществ	0,88

Какие карбонильные соединения идентифицировали в пиве?

20. При хроматографировании на бумаге в потоке смеси *n*. пропанола, этанола и воды раствора, содержащего моно- и дисахара, получили пятна, прошедшие от стартовой линии 11,9; 11,4 и 8,7 см (проявитель – смесь бензидина, ледяной уксусной кислоты и абсолютного этанола). Расстояние, пройденное этанолом (глюкоза) – 11,4 см.

При хроматографировании стандартных растворов сахаров в тех же условиях относительные коэффициенты R_f смещения сахаров составили: фруктоза – 1,048; глюкоза –

1,000; сахароза – 0,899; мальтоза – 0,766. Какие сахара присутствуют в анализируемом растворе?

**Средние коэффициенты активности ионов
при различной ионной силе раствора**

Ионная сила	Заряд иона			
	Одно-зарядные	Дву-зарядные	Трехзарядные	четырезарядные
0,0001	0,99	0,95	0,90	0,83
0,0002	0,98	0,94	0,87	0,77
0,0005	0,97	0,90	0,80	0,67
0,001	0,96	0,86	0,73	0,56
0,002	0,95	0,81	0,64	0,45
0,005	0,92	0,72	0,51	0,30
0,01	0,89	0,63	0,39	0,18
0,02	0,87	0,57	0,28	0,12
0,05	0,84	0,50	0,21	0,06
0,1	0,81	0,44	0,16	0,04
0,2	0,80	0,41	0,14	0,03
0,3	0,81	0,42	0,14	0,03
0,4	0,82	0,45	0,17	0,04
0,5	0,84	0,50	0,21	0,06
0,6	0,87	0,56	0,27	0,10
0,7	0,89	0,63	0,36	0,16
0,8	0,92	0,72	0,48	0,27
0,9	0,96	0,83	0,66	0,48
1,0	0,99	0,96	0,91	0,85

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 2

Константы диссоциации (K_d) слабых электролитов

Название	Формула	K_d
Кислоты		
Азотистая	HNO_2	$6,9 \cdot 10^{-4}$
Азотистоводородная	HN_3	$2,0 \cdot 10^{-5}$
Аминооуксуная (глицин)	$\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	$1,7 \cdot 10^{-10}$
Аскорбиновая: K_1 K_2	$\text{CH}_2(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{C}(\text{OH})=\text{C}(\text{OH})\text{CO}$	$9,1 \cdot 10^{-5}$ $4,6 \cdot 10^{-12}$
Борная (орто): K_1 K_2 K_3	H_3BO_3	$7,1 \cdot 10^{-10}$ $1,8 \cdot 10^{-13}$ $1,6 \cdot 10^{-14}$
Борная (тетра): K_1 K_2	$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$	$1,8 \cdot 10^{-4}$ $2,0 \cdot 10^{-8}$
Бромноватая	HBrO_3	$2,0 \cdot 10^{-1}$
Бромноватистая	HBrO	$2,2 \cdot 10^{-9}$
Винная K_1 K_2	$\text{HOOCCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$ $3,0 \cdot 10^{-5}$
Гидросернистая (дитионистая) K_1 K_2	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_4$	$5,0 \cdot 10^{-1}$ $3,2 \cdot 10^{-3}$
Дихромовая K_2	$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Иодноватая	HIO_3	$1,7 \cdot 10^{-1}$
Иодноватистая	HIO	$2,3 \cdot 10^{-11}$
Лимонная: K_1 K_2	$\text{HOOCCH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$ $2,2 \cdot 10^{-4}$

Масляная (норм.)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Масляная (изо-)	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCOOH}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Марганцовистая K_1 K_2	H_2MnO_4	10^{-1} $7,1 \cdot 10^{-1}$
Миндальная	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$
Молибденовая K_1 K_2	H_2MoO_4	$2,9 \cdot 10^{-3}$ $1,4 \cdot 10^{-4}$
Молочная	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Муравьиная	HCOOH	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Мышьяковая K_1 K_2 K_3	H_3AsO_4	$5,6 \cdot 10^{-3}$ $1,7 \cdot 10^{-7}$ $2,95 \cdot 10^{-12}$
Мышьяковистая	H_3AsO_3	$5,9 \cdot 10^{-10}$
Пероксид водорода	H_2O_2	$2,6 \cdot 10^{-12}$
Пикриновая	$\text{HOOC}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$	$4,2 \cdot 10^{-1}$
Пимелиновая K_1 K_2	$\text{HOOC}(\text{CH}_2)_5\text{COOH}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$ $4,9 \cdot 10^{-6}$
Пирагаллол K_1 K_2 K_3	$\text{C}_6\text{H}_3(\text{OH})_3(1,2,3)$	$8,9 \cdot 10^{-10}$ $6,5 \cdot 10^{-12}$ $1,0 \cdot 10^{-14}$
Пропионовая	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Роданистоводородная	HSCN	$1,4 \cdot 10^{-1}$
Салициловая K_1 K_2	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$ $2,6 \cdot 10^{-14}$
Селенистая K_1 K_2	H_2SeO_3	$1,8 \cdot 10^{-3}$ $3,2 \cdot 10^{-9}$
Селенистоводородная K_1 K_2	H_2Se	$1,3 \cdot 10^{-4}$ $1,0 \cdot 10^{-11}$
Селеновая	H_2SeO_4	$1,2 \cdot 10^{-2}$
Серная K_2	H_2SO_4	$1,15 \cdot 10^{-2}$

Сернистая К ₁ К ₂	H ₂ SO ₃	1,4 · 10 ⁻² 6,2 · 10 ⁻⁸
Сероводородная К ₁ К ₂	H ₂ S	1,0 · 10 ⁻⁷ 2,5 · 10 ⁻¹³
Синильная	HCN	5,0 · 10 ⁻¹⁰
Сульфаминовая	H ₂ NSO ₃ H	1,0 · 10 ⁻¹
Сульфаниловая	H ₂ NC ₆ H ₄ SO ₃ H	6,3 · 10 ⁻¹
Сульфосалициловая К ₂ К ₃	C ₆ H ₃ (OH)(COOH)SO ₃ H	3,1 · 10 ⁻⁹ 2,0 · 10 ⁻¹²
Сурьмяная	H[Sb(OH) ₆]	4,0 · 10 ⁻⁵
Теллуристая К ₁ К ₂	H ₂ TeO ₃	2,7 · 10 ⁻³ 1,8 · 10 ⁻⁸
Теллуристоводородная К ₁ К ₂	H ₂ Te	2,3 · 10 ⁻³ 6,9 · 10 ⁻¹³
Теллуровая К ₁ К ₂	H ₆ TeO ₆	2,45 · 10 ⁻⁸ 1,1 · 10 ⁻¹¹
Тиосерная К ₁ К ₂	H ₂ S ₂ O ₃	2,5 · 10 ⁻¹ 1,9 · 10 ⁻²
Трихлоруксусная	CCl ₃ COOH	2,1 · 10 ⁻¹
Угольная К ₁ К ₂	CO ₂ +H ₂ O	4,5 · 10 ⁻⁷ 4,8 · 10 ⁻¹¹
Уксусная	CH ₃ COOH	1,74 · 10 ⁻⁵
Фосфористая К ₁ К ₂	H ₃ PO ₃	3,1 · 10 ⁻² 1,6 · 10 ⁻⁷
Фосфорная (орто) К ₁ К ₂ К ₃	H ₃ PO ₄	7,1 · 10 ⁻³ 6,2 · 10 ⁻⁸ 5,0 · 10 ⁻¹³

Фосфорная (пиро) К ₁ К ₂ К ₃ К ₄	H ₄ P ₂ O ₇	1,2 · 10 ⁻¹ 7,9 · 10 ⁻² 2,0 · 10 ⁻⁷ 4,8 · 10 ⁻¹⁰
Фтористоводородная	HF	6,2 · 10 ⁻⁴
Хлористая	HClO ₂	1,1 · 10 ⁻²
Хлорноватистая	HClO	2,95 · 10 ⁻⁸
Хлорноуксусная	CH ₂ ClCOOH	1,4 · 10 ⁻³
Хромовая К ₁ К ₂	H ₂ CrO ₄	1,6 · 10 ⁻¹ 3,2 · 10 ⁻⁷
Циановая	HOCN	2,7 · 10 ⁻⁴
Щавелевая К ₁	H ₂ C ₂ O ₄	5,6 · 10 ⁻²
Энантовая	CH ₃ (CH ₂) ₅ COOH	1,3 · 10 ⁻⁵
Яблочная К ₁ К ₂	HCOOCCH(OH)CH ₂ COOH	3,5 · 10 ⁻⁴ 8,9 · 10 ⁻⁶
Янтарная К ₁ К ₂	HOOCCH ₂ CH ₂ COOH	1,6 · 10 ⁻⁵ 2,3 · 10 ⁻⁶
Основания		
Аммиака раствор гидроксид аммония)	NH ₃ + H ₂ O (NH ₄ OH)	1,76 · 10 ⁻⁵
Анилин	C ₆ H ₅ NH ₂ + H ₂ O	4,36 · 10 ⁻¹⁰
Бария гидроокись К ₂	Ba(OH) ₂	2,3 · 10 ⁻¹
Гидразин	N ₂ H ₄ + H ₂ O	9,3 · 10 ⁻⁷
Гидроксиламин	NH ₂ OH + H ₂ O	8,9 · 10 ⁻⁹
Диметиламин	(CH ₃) ₂ NH + H ₂ O	5,4 · 10 ⁻⁴
Дифениламин	(C ₆ H ₅) ₂ NH + H ₂ O	6,2 · 10 ⁻¹⁴
Диэтиламин	(C ₂ H ₅) ₂ NH + H ₂ O	1,2 · 10 ⁻²
Кальция гидроксид К ₂	Ca(OH) ₂	4,0 · 10 ⁻²
Лития гидроксид	LiOH	6,8 · 10 ⁻¹
Свинца гидроксид	Pb(OH) ₂	9,55 · 10 ⁻⁴

K ₂		$3,0 \cdot 10^{-8}$
Серебра гидроксид	AgOH	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Марганца гидроксид (II)	Mn(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-4}$
Никеля гидроксид	Ni(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Цинка гидроксид	Zn(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Железа гидроксид (III)	Fe(OH) ₃	$1,82 \cdot 10^{-10}$
Железа гидроксид (II)	Fe(OH) ₂	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Магния гидроксид	Mg(OH) ₂	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Кобальта гидроксид (II)	Co(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Кадмия гидроксид (II)	Cd(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Алюминия гидроксид	Al(OH) ₃	$1,38 \cdot 10^{-9}$
Хрома гидроксид (III)	Cr(OH) ₃	$1,02 \cdot 10^{-10}$
Натрия гидроксид	NaOH	5,9
Пиридин	C ₅ H ₅ N + H ₂ O	$1,5 \cdot 10^{-9}$
Меди гидроксид	Cu(OH) ₂	$3,4 \cdot 10^{-7}$
Фенилгидразин	C ₆ H ₅ NHNH ₂ + H ₂ O	$1,6 \cdot 10^{-9}$
Этаноламин	H ₂ NCH ₂ CH ₂ OH + H ₂ O	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Этиламин	CH ₃ CH ₂ NH ₂ + H ₂ O	$6,5 \cdot 10^{-4}$
Этилендиамин	H ₂ NCH ₂ = CH ₂ NH ₂ + H ₂ O	$1,2 \cdot 10^{-4}$
K ₁		$9,8 \cdot 10^{-8}$
K ₂		

Произведение растворимости труднорастворимых в воде соединений (при 25 °С)

Формула соединения	ПР	Формула соединения	ПР
Ag ₃ AsO ₄	$1,0 \cdot 10^{-19}$	BaSO ₃	$8,0 \cdot 10^{-7}$
AgBr	$3,3 \cdot 10^{-13}$	BaC ₂ O ₄	$1,7 \cdot 10^{-7}$
Ag ₂ CO ₃	$8,15 \cdot 10^{-12}$	Ca(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-2}$
AgCl	$1,7 \cdot 10^{-10}$	CaCO ₃	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Ag ₂ CrO ₄	$2,0 \cdot 10^{-12}$	CaF ₂	$4,0 \cdot 10^{-11}$
AgI	$8,5 \cdot 10^{-17}$	CaSO ₄	$6,26 \cdot 10^{-5}$
AgIO ₃	$3,1 \cdot 10^{-8}$	CaSO ₃	$3,2 \cdot 10^{-7}$
Ag ₃ PO ₄	$1,8 \cdot 10^{-16}$	CaC ₂ O ₄	$3,8 \cdot 10^{-9}$
Ag ₂ SO ₄	$6,0 \cdot 10^{-6}$	CaCrO ₄	$2,3 \cdot 10^{-2}$
Ag ₂ SO ₃	$1,5 \cdot 10^{-14}$	Ca ₃ (PO ₄) ₂	$1,2 \cdot 10^{-14}$
Ag ₂ S	$5,9 \cdot 10^{-52}$	CdCO ₃	$1,82 \cdot 10^{-14}$
AgOH	$2,0 \cdot 10^{-8}$	Cd(OH) ₂	$3,98 \cdot 10^{-15}$
Ag ₂ C ₂ O ₄	$5,0 \cdot 10^{-12}$	CdS	$1,2 \cdot 10^{-28}$
Ag ₂ Cr ₂ O ₇	$2,0 \cdot 10^{-7}$	CdC ₂ O ₄	$1,5 \cdot 10^{-8}$
AgSCN	$1,2 \cdot 10^{-12}$	CoCO ₃	$1,45 \cdot 10^{-13}$
AgCN	$1,4 \cdot 10^{-16}$	Co(OH) ₃	$4,0 \cdot 10^{-45}$
AgNO ₂	$6,0 \cdot 10^{-4}$	CoC ₂ O ₄	$6,3 \cdot 10^{-8}$
AlPO ₄	$5,75 \cdot 10^{-19}$	CoS	$3,1 \cdot 10^{-23}$
Al(OH) ₃	$1,1 \cdot 10^{-15}$	CuCrO ₄	$3,6 \cdot 10^{-6}$
AuBr	$5,0 \cdot 10^{-17}$	Cr(OH) ₂	$1,0 \cdot 10^{-17}$
AuBr ₃	$4,0 \cdot 10^{-36}$	Cr(OH) ₃	$6,3 \cdot 10^{-31}$
AuCl	$2,0 \cdot 10^{-13}$	CrPO ₄	$1,0 \cdot 10^{-17}$

AuCl ₃	$3,2 \cdot 10^{-25}$	Cu(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-20}$
AuOH	$7,9 \cdot 10^{-20}$	CuN ₃	$5,0 \cdot 10^{-9}$
Au(OH) ₃	$5,5 \cdot 10^{-46}$	CuC ₂ O ₄	$2,9 \cdot 10^{-8}$
AuI	$1,6 \cdot 10^{-23}$	CuI	$1,1 \cdot 10^{-12}$
AuI ₃	$1,0 \cdot 10^{-46}$	CuCl	$1,4 \cdot 10^{-6}$
As ₂ S ₃	$4,1 \cdot 10^{-29}$	CuBr	$4,1 \cdot 10^{-8}$
BaCO ₃	$4,93 \cdot 10^{-9}$	Cu ₂ S	$2,6 \cdot 10^{-49}$
BaCrO ₄	$2,3 \cdot 10^{-10}$	CuS	$3,2 \cdot 10^{-38}$
Ba ₃ (PO ₄) ₂	$1,5 \cdot 10^{-28}$	CuCO ₃	$2,36 \cdot 10^{-10}$
BaF ₂	$1,1 \cdot 10^{-6}$	CuCN	$3,2 \cdot 10^{-20}$
Ba(OH) ₂	$2,2 \cdot 10^{-1}$	CuCNS	$4,8 \cdot 10^{-25}$
BaSO ₄	$9,9 \cdot 10^{-11}$	FeC ₂ O ₄	$2,0 \cdot 10^{-7}$
FeCO ₃	$2,11 \cdot 10^{-11}$	PbBr ₂	$6,3 \cdot 10^{-6}$
Fe(OH) ₂	$1,65 \cdot 10^{-15}$	PbI ₂	$8,7 \cdot 10^{-9}$
Fe(OH) ₃	$4,0 \cdot 10^{-38}$	PbCO ₃	$7,24 \cdot 10^{-14}$
FeS	$3,8 \cdot 10^{-20}$	Pb ₃ (PO ₄) ₂	$1,5 \cdot 10^{-32}$
FePO ₄	$1,3 \cdot 10^{-22}$	Pb(OH) ₂	$5,0 \cdot 10^{-16}$
Hg ₂ Br ₂	$1,3 \cdot 10^{-21}$	PbC ₂ O ₄	$3,4 \cdot 10^{-11}$
Hg ₂ CO ₃	$9,0 \cdot 10^{-17}$	PbCrO ₄	$1,8 \cdot 10^{-14}$
Hg ₂ C ₂ O ₄	$1,0 \cdot 10^{-13}$	PbCl ₂	$1,7 \cdot 10^{-5}$
Hg ₂ Cl ₂	$2,0 \cdot 10^{-18}$	PbF ₂	$2,7 \cdot 10^{-8}$
Hg ₂ CrO ₄	$5,0 \cdot 10^{-9}$	Pb(N ₃) ₂	$2,6 \cdot 10^{-9}$
Hg ₂ I ₂	$1,2 \cdot 10^{-28}$	PbSO ₄	$1,8 \cdot 10^{-8}$
HgS	$4,0 \cdot 10^{-53}$	PbS	$6,8 \cdot 10^{-29}$
Hg ₂ S	$1,0 \cdot 10^{-47}$	PtBr ₄	$3,0 \cdot 10^{-41}$
Hg ₂ SO ₃	$1,0 \cdot 10^{-27}$	PtCl ₄	$8,0 \cdot 10^{-29}$
Hg ₂ SO ₄	$6,8 \cdot 10^{-7}$	Pt(OH) ₂	$1,0 \cdot 10^{-35}$
Mg ₃ (AsO ₄) ₂	$2,1 \cdot 10^{-20}$	PtS	$8,0 \cdot 10^{-73}$

MgCO ₃	$1,0 \cdot 10^{-5}$	SnS	$1,0 \cdot 10^{-27}$
MgC ₂ O ₄	$8,6 \cdot 10^{-5}$	SnI ₂	$8,3 \cdot 10^{-6}$
MgNH ₄ PO ₄	$2,5 \cdot 10^{-13}$	Sn(OH) ₂	$5,3 \cdot 10^{-27}$
MgF ₂	$6,5 \cdot 10^{-9}$	Sn(OH) ₄	$1,0 \cdot 10^{-57}$
Mg ₃ (PO ₄) ₂	$1,0 \cdot 10^{-13}$	Sb ₂ S ₃	$2,9 \cdot 10^{-59}$
MgSO ₃	$3,0 \cdot 10^{-3}$	SrCO ₃	$9,42 \cdot 10^{-10}$
Mg(OH) ₂	$5,5 \cdot 10^{-12}$	SrC ₂ O ₄	$5,6 \cdot 10^{-8}$
Mn ₃ (AsO ₄) ₂	$1,9 \cdot 10^{-29}$	SrCrO ₄	$3,6 \cdot 10^{-5}$
MnCO ₃	$5,05 \cdot 10^{-10}$	SrF ₂	$2,5 \cdot 10^{-9}$
MnC ₂ O ₄	$5,0 \cdot 10^{-6}$	SrSO ₄	$3,6 \cdot 10^{-7}$
Mn(OH) ₂	$4,0 \cdot 10^{-14}$	SrSO ₃	$4,0 \cdot 10^{-8}$
Mn(OH) ₃	$1,0 \cdot 10^{-36}$	Sr(OH) ₂	$6,7 \cdot 10^{-2}$
Mn(OH) ₄	$1,0 \cdot 10^{-56}$	Zn ₃ (AsO ₄) ₃	$1,3 \cdot 10^{-27}$
MnS	$1,1 \cdot 10^{-15}$	Zn(CN) ₂	$2,6 \cdot 10^{-13}$
Ni(OH) ₂	$8,7 \cdot 10^{-19}$	ZnC ₂ O ₄	$2,0 \cdot 10^{-8}$
NiS	$1,4 \cdot 10^{-24}$	ZnCO ₃	$9,98 \cdot 10^{-11}$
NiCO ₃	$1,35 \cdot 10^{-7}$	Zn(OH) ₂	$4,5 \cdot 10^{-17}$
NiC ₂ O ₄	$4,0 \cdot 10^{-10}$	Zn ₃ (PO ₄) ₂	$9,1 \cdot 10^{-33}$
Ni(CN) ₂	$3,0 \cdot 10^{-23}$	ZnS	$7,4 \cdot 10^{-27}$

Таблица 4

Константы нестойкости некоторых комплексных ионов

Уравнение диссоциации комплексного иона	Константа нестойкости (K_H)
$[\text{Ag}(\text{CN})_2]^- = \text{Ag}^+ + 2\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-21}$
$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ = \text{Ag}^+ + 2\text{NH}_3$	$5,89 \cdot 10^{-8}$
$[\text{AgBr}_2]^- = \text{Ag}^+ + 2\text{Br}^-$	$7,8 \cdot 10^{-8}$
$[\text{AgCl}_2]^- = \text{Ag}^+ + 2\text{Cl}^-$	$1,78 \cdot 10^{-5}$
$[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} = \text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$1,0 \cdot 10^{-18}$
$[\text{AlF}_6]^{3-} = \text{Al}^{3+} + 6\text{F}^-$	$5,01 \cdot 10^{-18}$
$[\text{Cd}(\text{CN})_4]^- = \text{Cd}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$7,66 \cdot 10^{-18}$
$[\text{CdI}_4]^{2-} = \text{Cd}^{2+} + 4\text{I}^-$	$7,94 \cdot 10^{-7}$
$[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = \text{Cd}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$2,75 \cdot 10^{-7}$
$[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-} = \text{Co}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$5,50 \cdot 10^{-3}$
$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{2+} = \text{Co}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$4,07 \cdot 10^{-5}$
$[\text{Cu}(\text{CN})_2]^+ = \text{Cu}^+ + 2\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-24}$
$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = \text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$9,33 \cdot 10^{-13}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \text{Fe}^{2+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-24}$
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} = \text{Fe}^{3+} + 6\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-31}$
$[\text{HgCl}_4]^{2-} = \text{Hg}^{2+} + 4\text{Cl}^-$	$6,03 \cdot 10^{-16}$
$[\text{HgI}_4]^{2-} = \text{Hg}^{2+} + 4\text{I}^-$	$1,38 \cdot 10^{-30}$
$[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-} = \text{Hg}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1,29 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-} = \text{Ni}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1,0 \cdot 10^{-22}$
$[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+} = \text{Ni}^{2+} + 6\text{NH}_3$	$9,77 \cdot 10^{-9}$
$[\text{PbBr}_4]^{2-} = \text{Pb}^{2+} + 4\text{Br}^-$	$1,0 \cdot 10^{-3}$

$[\text{PbI}_4]^{2-} = \text{Pb}^{2+} + 4\text{I}^-$	$2,22 \cdot 10^{-5}$
$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+} = \text{Zn}^{2+} + 4\text{NH}_3$	$3,46 \cdot 10^{-10}$
$[\text{Zn}(\text{CN})_4]^{2-} = \text{Zn}^{2+} + 4\text{CN}^-$	$1 \cdot 10^{-16}$
$[\text{Zn}(\text{CNS})_4]^{2-} = \text{Zn}^{2+} + 4\text{CNS}^-$	$5,0 \cdot 10^{-2}$
$[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-} = \text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^-$	$7,08 \cdot 10^{-16}$

Таблица 5

**Определение направления реакций окисления –
восстановления**

Уравнение реакции	φ°
<u>АЗОТ</u>	
$\text{HNO}_2 + e + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$	+0,99
$2\text{HNO}_2 + 6e + 6\text{H}^+ \leftrightarrow \text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,45
$\text{NO}_3^- + 2e + 3\text{H}^+ \leftrightarrow \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,94
$\text{NO}_3^- + e + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	+0,81
$\text{NO}_3^- + 3e + 4\text{H}^+ \leftrightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
$\text{NO}_3^- + 8e + 10\text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,87
$\text{NO}_3^- + 8e + 6\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{NH}_3 + 9\text{OH}^-$	-0,12
$\text{N}_2 + 6e + 8\text{H}^+ \leftrightarrow 2\text{NH}_4^+$	+0,28
<u>АЛЮМИНИЙ</u>	
$\text{Al}^{3+} + 3e \leftrightarrow \text{Al}$	-1,67
$\text{AlO}_2^- + 3e + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al} + 4\text{OH}^-$	-2,35
<u>БАРИЙ</u>	
$\text{Ba}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Ba}$	-2,90
<u>БЕРИЛЛИЙ</u>	
$\text{Be}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Be}$	-1,70
<u>БОР</u>	
$\text{HBO}_3 + 3e + 3\text{H}^+ \leftrightarrow \text{B} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,74
<u>БРОМ</u>	
$\text{Br}_2 + 2e \leftrightarrow 2\text{Br}^-$	+1,087
$\text{HBrO} + 2e + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,35
$\text{BrO}^- + 2e + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	+0,76
$2\text{BrO}_3^- + 10e + 12\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	-1,52
$\text{BrO}_3^- + 6e + 6\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,44
$\text{BrO}_3^- + 6e + 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Br}^- + 6\text{OH}^-$	+0,60
<u>ВАНАДИЙ</u>	

$\text{V}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{V}$	-1,5
$\text{V}^{3+} + e \leftrightarrow \text{V}^{2+}$	-0,2
$\text{VO}^{2+} + e + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0,314
$\text{VO}_2^+ + e + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{VO}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$	-1,0
$\text{VO}_2^+ + 2e + 4\text{H}^+ \leftrightarrow \text{V}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,657
$\text{VO}_2^+ + 3e + 4\text{H}^+ \leftrightarrow \text{V}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,37
<u>ВИСМУТ</u>	
$\text{Bi}^{3+} + 3e \leftrightarrow \text{Bi}$	+0,215
$\text{NaBiO}_3 + 2e + 6\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Bi}^{3+} + \text{Na}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,8
<u>ВОДОРОД</u>	
$2\text{H}^+ + 2e \leftrightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{H}_2 + 2e \leftrightarrow 2\text{H}^-$	-2,33
$2\text{H}_2\text{O} + 2e \leftrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	-0,828
<u>ВОЛЬФРАМ</u>	
$\text{WO}_2 + 4e + 4\text{H}^+ \leftrightarrow \text{W} + 2\text{H}_2\text{O}$	-0,05
$\text{WO}_3 + 6e + 6\text{H}^+ \leftrightarrow \text{W} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,09
$\text{WO}_4^{2-} + 6e + 4\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{W} + 8\text{OH}^-$	-1,1
<u>ГЕРМАНИЙ</u>	
$\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4e + 4\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Ge} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,13
<u>ЖЕЛЕЗО</u>	
$\text{Fe}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Fe}$	-0,44
$\text{Fe}^{3+} + e \leftrightarrow \text{Fe}^{2+}$	+0,771
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{2-} + e \leftrightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^-$	+0,36
$[\text{FeF}_6]^{3-} + e \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + 6\text{F}^-$	+0,40
$\text{Fe}(\text{OH})_3 + e \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0,56
<u>ЗОЛОТО</u>	
$\text{Au}^{3+} + e \leftrightarrow \text{Au}^{2+}$	+1,42
$[\text{AuCl}_4]^- + 3e \leftrightarrow \text{Au} + 4\text{Cl}^-$	+1,00
$\text{Au}^{3+} + 2e \leftrightarrow \text{Au}^+$	+1,29
$\text{Au}^+ + e \leftrightarrow \text{Au}$	+1,68
$[\text{Au}(\text{CN})_2]^- + e \leftrightarrow \text{Au} + 2\text{CN}^-$	-0,6
<u>ИОД</u>	
$\text{I}_2 + 2e \leftrightarrow 2\text{I}^-$	+0,534

$[I_3]^- + 2e \leftrightarrow 3I^-$ $2HIO + 2e + 2H^+ \leftrightarrow I_2 + 2H_2O$ $IO^- + 2e + H_2O \leftrightarrow I^- + 2OH^-$ $2IO_3^- + 10e + 12H^+ \leftrightarrow I_2 + 6H_2O$ $IO_3^- + 6e + 6H^+ \leftrightarrow I^- + 3H_2O$ $IO_3^- + 6e + 3H_2O \leftrightarrow I^- + 6OH^-$ $H_5IO_6 + 2e + H^+ \leftrightarrow IO_3^- + 3H_2O$	+0,535 +1,45 +0,49 +1,19 +1,085 +0,26 +1,60
<u>КАЛИЙ</u> $K^+ + e \leftrightarrow K$	-2,92
<u>КАЛЬЦИЙ</u> $Ca^{2+} + 2e \leftrightarrow Ca$	-2,87
<u>КИСЛОРОД</u> $O_2 + 4e + 4H^+ \leftrightarrow 2H_2O$ $O_2 + 4e + 2H_2O \leftrightarrow 4OH^-$ $O_3 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow O_2 + H_2O$ $O_3 + 2e + 2H_2O \leftrightarrow O_2 + 2OH^-$ $O_2 + 2e + 2H_2O \leftrightarrow H_2O_2 + 2OH^-$ $H_2O_2 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow 2H_2O$ $O_2 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow H_2O_2$	+1,23 +0,401 +2,07 +1,24 -0,076 +1,77 +0,682
<u>КОБАЛЬТ</u> $Co^{2+} + 2e \leftrightarrow Co$ $Co^{3+} + e \leftrightarrow Co^{2+}$ $Co(OH)_3 + e \leftrightarrow Co(OH)_2 + OH^-$ $[Co(NH_3)_6]^{3+} + e \leftrightarrow [Co(NH_3)_6]^{2+}$ $[Co(CN)_6]^{3-} + e \leftrightarrow [Co(CN)_6]^{2-}$	-0,277 +1,842 +0,2 +0,1 -0,83
<u>КРЕМНИЙ</u> $Si + 4e + 4H^+ \leftrightarrow SiH_4$ $Si + 4e + 4H_2O \leftrightarrow SiH_4 + 4OH^-$ $SiO_2 + 4e + 4H^+ \leftrightarrow Si + 2H_2O$ $SiO_3^{2-} + 4e + 3H_2O \leftrightarrow Si + 6OH^-$ $[SiF_6]^{2-} + 4e \leftrightarrow Si + 6F^-$	+0,04 -0,79 -0,6 -1,73 -1,17

<u>ЛИТИЙ</u> $Li^+ + e \leftrightarrow Li$	-3,02
<u>МАГНИЙ</u> $Mg^{2+} + 2e \leftrightarrow Mg$	-2,34
<u>МАРГАНЕЦ</u> $Mn^{2+} + 2e \leftrightarrow Mn$ $MnO_2 + 2e + 4H^+ \leftrightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$ $MnO_4^- + 5e + 8H^+ \leftrightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$ $MnO_4^- + 3e + 4H^+ \leftrightarrow MnO_2 + 2H_2O$ $MnO_4^- + 2e + 2H_2O \leftrightarrow MnO_2 + 4OH^-$ $MnO_4^- + 3e + 2H_2O \leftrightarrow MnO_2 + 4OH^-$	-1,05 +1,28 +1,62 +1,67 +0,58 +0,57
<u>МЕДЬ</u> $Cu^{2+} + 2e \leftrightarrow Cu$ $Cu^{2+} + e \leftrightarrow Cu^+$ $Cu^{2+} + e + I^- \leftrightarrow CuI$ $Cu^{2+} + e + 2CN^- \leftrightarrow [Cu(CN)_2]^-$	+0,345 +0,167 +0,88 +1,12
<u>МОЛИБДЕН</u> $H_2MoO_4 + 6e + 6H^+ \leftrightarrow Mo + 4H_2O$	0,0
<u>МЫШЬЯК</u> $AsO_2^- + 3e + 2H_2O \leftrightarrow As + 4OH^-$ $HAsO_2 + 3e + 3H^+ \leftrightarrow As + 2H_2O$ $H_3AsO_4 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow HAsO_2 + 2H_2O$ $AsO_4^{3-} + 2e + 2H_2O \leftrightarrow AsO_2^- + 4OH^-$ $As + 3e + 3H^+ \leftrightarrow AsH_3$	-0,68 +0,247 +0,559 -0,71 -0,54
<u>НАТРИЙ</u> $Na^+ + e \leftrightarrow Na$	-2,712

<p align="center"><u>НИКЕЛЬ</u></p> $\text{Ni}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Ni} \quad -0,25$ $\text{Ni(OH)}_3 + e \leftrightarrow \text{Ni(OH)}_2 + \text{OH}^- \quad +0,49$ $\text{Ni(OH)}_3 + e + 3\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Ni(OH)}_2 + \text{OH}^- \quad +1,75$ $[\text{Ni(CN)}_4]^{3-} + e \leftrightarrow [\text{Ni(CN)}_6]^{2-} \quad +0,82$	
<p align="center"><u>ОЛОВО</u></p> $\text{Sn}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Sn} \quad -0,136$ $\text{Sn}^{4+} + 2e \leftrightarrow \text{Sn}^{2+} \quad +0,15$ $\text{Sn}^{4+} + 4e \leftrightarrow \text{Sn} \quad +0,01$ $\text{HSnO}_2^- + 2e + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Sn} + 3\text{OH}^- \quad -0,79$ $[\text{Sn(OH)}_6]^{2-} + 2e \leftrightarrow \text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \quad -0,96$	
<p align="center"><u>ОСМИЙ</u></p> $\text{OsO}_4 + 8e + 8\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Os} + 4\text{H}_2\text{O} \quad +0,83$	
<p align="center"><u>ПЛАТИНА</u></p> $[\text{PtCl}_4]^{2-} + 2e \leftrightarrow \text{Pt} + 4\text{Cl}^- \quad +0,73$ $[\text{PtCl}_6]^{2-} + 2e \leftrightarrow [\text{PtCl}_4]^{2-} + 2\text{Cl}^- \quad +0,72$	
<p align="center"><u>РТУТЬ</u></p> $\text{Hg}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Hg} \quad +0,854$ $\text{Hg}_2^{2+} + 2e \leftrightarrow 2\text{Hg} \quad +0,799$ $2\text{Hg}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Hg}_2^{2+} \quad +0,910$ $2\text{HgCl}_2 + 2e \leftrightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2\text{Cl}^- \quad +0,62$ $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + 2e \leftrightarrow 2\text{Hg} + 2\text{Cl}^- \quad +0,268$	
<p align="center"><u>СВИНЕЦ</u></p> $\text{Pb}^{2+} + 2e \leftrightarrow \text{Pb} \quad -0,126$ $\text{Pb}^{4+} + 2e \leftrightarrow \text{Pb}^{2+} \quad +1,69$ $\text{Pb}^{4+} + 4e \leftrightarrow \text{Pb} \quad +0,78$ $\text{PbO}_2 + 2e + 4\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \quad +1,456$	

<p align="center"><u>СЕРА</u></p> $\text{S} + 2e \leftrightarrow \text{S}^{2-} \quad -0,508$ $\text{S} + 2e + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{S} \quad +0,141$ $[\text{S}_2]^{2-} + 2e + 2\text{H}^+ \leftrightarrow 2\text{S}^{2-} \quad -0,51$ $\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2e \leftrightarrow 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \quad +0,15$ $\text{SO}_3^{2-} + 6e + 3\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{S}^{2-} + 6\text{OH}^- \quad -0,61$ $\text{SO}_4^{2-} + 2e + 4\text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad -0,20$ $\text{SO}_4^{2-} + 2e + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{SO}_3^{2-} + 2\text{OH}^- \quad -0,90$ $\text{SO}_4^{2-} + 6e + 6\text{H}^+ \leftrightarrow \text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \quad +0,37$ $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2e \leftrightarrow 2\text{SO}_4^{2-} \quad +2,05$ $(\text{SCN})_2 + 2e \leftrightarrow 2\text{SCN}^- \quad +0,77$ $\text{SO}_4^{2-} + 8e + 8\text{H}^+ \leftrightarrow \text{S}^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} \quad -0,149$ $\text{SO}_4^{2-} + 8e + 10\text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O} \quad -0,311$	
<p align="center"><u>СЕЛЕН</u></p> $\text{Se} + 2e \leftrightarrow \text{Se}^{2-} \quad -0,78$ $\text{Se} + 2e + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{H}_2\text{Se} \quad -0,36$ $\text{SeO}_4^{2-} + 2e + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{SeO}_3^{2-} + 2\text{OH}^- \quad +0,03$	
<p align="center"><u>СЕРЕБРО</u></p> $\text{Ag}^+ + e \leftrightarrow \text{Ag} \quad +0,799$ $\text{Ag}_2\text{O} + 2e + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow 2\text{Ag} + 2\text{OH}^- \quad +0,344$ $\text{Ag}_2\text{S} + 2e \leftrightarrow 2\text{Ag} + \text{S}^{2-} \quad -0,71$ $[\text{Ag(CN)}_2]^- + e \leftrightarrow \text{Ag} + 2\text{CN}^- \quad -0,29$ $\text{AgCl} + e \leftrightarrow \text{Ag} + \text{Cl}^- \quad +0,222$ $\text{AgBr} + e \leftrightarrow \text{Ag} + \text{Br}^- \quad +0,073$ $\text{AgI} + e \leftrightarrow \text{Ag} + \text{I}^- \quad -0,151$	
<p align="center"><u>СУРЬМА</u></p> $\text{Sb} + 3e + 3\text{H}^+ \leftrightarrow \text{SbH}_3 \quad -0,51$ $\text{SbO}^- + 3e + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Sb} + \text{H}_2\text{O} \quad +0,212$ $\text{SbO}_3^- + 2e + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{SbO}_2^- + 2\text{OH}^- \quad -0,59$	
<p align="center"><u>ТАЛЛИЙ</u></p> $\text{Tl}^+ + e \leftrightarrow \text{Tl} \quad -0,336$	

$Tl^{3+} + 2e \leftrightarrow Tl^+$ $Tl^{3+} + 3e \leftrightarrow Tl$	+1,25 +0,72
<p style="text-align: center;"><u>ТЕЛЛУР</u></p> $Te + 2e \leftrightarrow Te^{2-}$ $Te + 2e + 2H^+ \leftrightarrow H_2Te$ $TeO_4^{2-} + 2e + H_2O \leftrightarrow TeO_3^{2-} + 2OH^-$	-0,92 -0,69 +0,4
<p style="text-align: center;"><u>ТИТАН</u></p> $Ti^{2+} + 2e \leftrightarrow Ti$ $Ti^{3+} + e \leftrightarrow Ti^{2+}$ $TiO_2 + 4e + 4H^+ \leftrightarrow Ti + 2H_2O$ $[TiF_6]^{2-} + 4e \leftrightarrow Ti + 6F^-$	-1,75 -0,37 -0,85 -1,24
<p style="text-align: center;"><u>УГЛЕРОД</u></p> $CH_3CHO + 2e + 2H^+ \leftrightarrow C_2H_5OH$ $HCHO + 2e + 2H^+ \leftrightarrow CH_3OH$ $HCOOH + 2e + 2H^+ \leftrightarrow HCHO + H_2O$ $CO_2 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow HCOOH$ $CH_3COOH + 2e + 2H^+ \leftrightarrow CH_3CHO + H_2O$ $2CO_2 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow HOOCOOH$ $C_6H_4O_2 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow C_6H_4(OH)_2$	+0,18 +0,24 -0,01 -0,14 +0,31 -0,49 +0,699
<p style="text-align: center;"><u>ФТОР</u></p> $F_2 + 2e \leftrightarrow 2F^-$	+2,85
$F_2 + 2e + 2H^+ \leftrightarrow 2HF$ $OF_2 + 4e + 2H^+ \leftrightarrow 2F^- + H_2O$	+3,03 +2,1
<p style="text-align: center;"><u>ХЛОР</u></p> $Cl_2 + 2e \leftrightarrow 2Cl^-$ $ClO_3^- + 6e + 6H^+ \leftrightarrow Cl^- + 3H_2O$ $ClO_3^- + 6e + 3H_2O \leftrightarrow Cl^- + 6OH^-$ $HOCl + 2e + H^+ \leftrightarrow Cl^- + H_2O$ $ClO^- + 2e + H_2O \leftrightarrow Cl^- + 2OH^-$ $ClO_2 + 5e + 4H^+ \leftrightarrow Cl^- + 2H_2O$ $ClO_4^- + 8e + 8H^+ \leftrightarrow Cl^- + 4H_2O$	+1,358 +1,45 +0,62 +1,50 +0,94 +1,50 +1,34

$ClO_4^- + 8e + 4H_2O \leftrightarrow Cl^- + 8OH^-$ $2ClO_3^- + 10e + 12H^+ \leftrightarrow Cl_2 + 6H_2O$ $2HOCl + 2e + 2H^+ \leftrightarrow Cl_2 + 2H_2O$	+0,51 +1,47 +1,63
<p style="text-align: center;"><u>ХРОМ</u></p> $Cr^{2+} + 2e \leftrightarrow Cr$ $Cr^{3+} + 3e \leftrightarrow Cr$ $Cr^{3+} + e \leftrightarrow Cr^{2+}$ $CrO_4^{2-} + 3e + 4H_2O \leftrightarrow Cr(OH)_3 + 5OH^-$ $Cr_2O_7^{2-} + 6e + 14H^+ \leftrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	-0,8 -0,71 -0,41 -0,12 +1,36
<p style="text-align: center;"><u>ЦЕРИЙ</u></p> $Ce^{3+} + 3e \leftrightarrow Ce$ $Ce^{3+} + e \leftrightarrow Ce^{2+}$	+2,483 +1,44
<p style="text-align: center;"><u>ЦИНК</u></p> $Zn^{2+} + 2e \leftrightarrow Zn$ $[Zn(CN)_4]^{2-} + 2e \leftrightarrow Zn + 4CN^-$ $ZnO_2^{2-} + 2e + 2H_2O \leftrightarrow Zn + 4OH^-$	-0,762 -1,26 -1,216
<p style="text-align: center;"><u>ЦИРКОНИЙ</u></p> $ZrO_2 + 4e + 4H^+ \leftrightarrow Zr + 2H_2O$	-1,43

Таблица 6

**Удельное вращение некоторых органических веществ
(водные растворы, 20°C)**

Оптически активное вещество	$[\alpha]_D^{20}$	Оптически активное вещество	$[\alpha]_D^{20}$
Рафиноза	+104,0	Сахароза	+66,8
d-Глюкоза	+112,2 → +52,5	d-Фруктоза	-133,5 → -91,5
d-Винная кислота	+12,0	l-Морфин (в метаноле)	-134,8
l-Винная кислота	-12,0	Хинин	-172,0
Аскорбиновая кислота	+21,0	α-Аспарагиновая кислота	-25,5
α-Молочная кислота	+1,7	Никотин	+162,0
β-Лактоза	+85,0 → +55,4	l-Ментол	-50,6

Важнейшие кислоты и кислотные остатки

Формулы и названия	
Кислот	Кислотных остатков
HNO ₂ – азотистая	NO ₂ ⁻ – нитрит
HNO ₃ – азотная	NO ₃ ⁻ – нитрат
HBO ₂ – борная (мета)	BO ₂ ⁻ – метаборат
H ₃ BO ₃ – —"—— (орто)	BO ₃ ²⁻ – ортоборат
HBr – бромоводородная	Br ⁻ – бромид
HI – иодоводородная	I ⁻ – иодид
H ₂ SiO ₃ – кремниевая (мета)	SiO ₃ ²⁻ – метасиликат
H ₄ SiO ₄ – —"—— (орто)	SiO ₄ ⁴⁻ – ортосиликат
H ₂ MnO ₄ – марганцовистая	MnO ₄ ²⁻ – манганат
HMnO ₄ – марганцевая	MnO ₄ ⁻ – перманганат
H ₃ AsO ₄ – мышьяковая	AsO ₄ ³⁻ – арсенат
H ₂ S – сероводородная	S ²⁻ – сульфид
H ₂ SO ₃ – сернистая	SO ₃ ²⁻ – сульфит
H ₂ SO ₄ – серная	SO ₄ ²⁻ – сульфат
H ₂ S ₂ O ₃ – тиосерная	S ₂ O ₃ ²⁻ – тиосульфат
H ₂ CO ₃ – угольная	CO ₃ ²⁻ – карбонат
CH ₃ COOH – уксусная	CH ₃ COO ⁻ – ацетат

**Тривиальные названия некоторых органических
веществ и распространенных минералов**

H_3PO_3 – фосфористая	PO_3^{3-} – фосфит
HPO_3 – фосфорная (мета)	PO_3^- – метафосфат
H_3PO_4 – —"—— (орто)	PO_4^{3-} – ортофосфат
	HPO_4^{2-} – гидроортофосфат
	$H_2PO_4^-$ – дигидроортофосфат
$H_4P_2O_7$ – —"—— (пиро)	$P_2O_4^{4-}$ – пирофосфат
HCl – хлороводородная	Cl^- – хлорид
$HClO$ – хлорноватистая	ClO^- – гипохлорит
$HClO_2$ – хлористая	ClO_2^- – хлорит
<i>Продолжение табл. 12</i>	
$HClO_3$ – хлорноватая	ClO_3^- – хлорат
$HClO_4$ – хлорная	ClO_4^- – перхлорат
H_2CrO_4 – хромовая	CrO_4^{2-} – хромат
$H_2Cr_2O_7$ – двухромовая	$Cr_2O_7^{2-}$ – дихромат
HF – фтороводородная	F^- – фторид
HCN – циановодородная	CN^- – цианид
$HSCN$ – тиоциановая (родановодородная)	SCN^- – тиоционат (роданид)

Название	Формула	Название	Формула
<i>Минералы</i>		<i>Индивид. вещества</i>	
Апатит	$Ca_5(PO_4)_3 (Cl, OH, F)$	Аммонийная селитра	NH_4NO_3
Боксит	$AlO(OH)$, или $Al_2O(OH)_4Al_2O_3 \cdot H_2O$	Бертолетова соль	$KClO_3$
Галит	$NaCl$	Гашеная известь	$Ca(OH)_2$
Гипс	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Глауберова соль	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$
Галенит	PbS	Глинозем	Al_2O_3
Кальцит	$CaCO_3$ (гекс)	Гипосульфит	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$
Доломит	$CaMg(CO_3)_2$	Железный купорос	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$
Кварц	SiO_2 (триг. гекс.)	Жженая магнезия	MgO
Криолит	$Na_3[AlF_6]$	Кальцинированная сода	Na_2CO_3
Квасцы	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Мочевина	$(NH_2)_2CO$
Корунд	Al_2O_3	Нашатырь	NH_4Cl
Малахит	$CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	Поташ	K_2CO_3
Магнезит	$MgCO_3$	Сулема	$HgCl_2$
Сурик	Pb_3O_4	Сухой лед	CO_2 (т)
Опал	$SiO_2 \cdot 2H_2O$	Соль Мора	$(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$

Пирит	FeS_2	Цинковые белила	ZnO
Яшма	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Ювелирная бура	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$