

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ
МАТЕРИАЛЫ
ДОМАШНЯЯ РАБОТА ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
ХИМИЯ**

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ АТОМОВ.....	4
Задания к разделу 1	5
2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	6
2.1. Основы химической термодинамики	6
Задания к подразделу 2.1	7
2.2. Скорость химических реакций	8
Задания к подразделу 2.2.....	8
2.3. Химическое равновесие.....	11
Задание к подразделу 2.3	12
3. Растворы	14
Примеры решения типичных задач раздела 3.....	14
Задания к подразделу 3.....	18
4. Классификация неорганических веществ. Электролиты. Электролитическая диссоциация.....	22
4.1. Реакции в растворах электролитов.....	22
Задания к подразделам 4.1	22
4.2. Гидролиз солей	26
Задания к подразделу 4.2.....	27
5. Окислительно-восстановительные процессы.....	28
5.1. Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)	28
Задания к подразделу 5.1	30
5.3. Взаимодействие металлов с водой, растворами кислот и щелочей.....	32
Задания к подразделу 5.3	34
5.4. Коррозия металлов	35
Задания к подразделам 5.4	37

5.5. Электролиз растворов	38
Задания к подразделу 5.5	39
4. Приложения	41

1. ЭЛЕКТРОННОЕ СТРОЕНИЕ АТОМОВ

Примеры решения и оформления заданий к разделу 1

Каждое задание содержит три вопроса (а, б, в).

Задание 1. Укажите численные значения главного и орбитального квантовых чисел $4p$ - и $5s$ -подуровней. Используя правила Клечковского, рассчитайте, какой подуровень раньше заполняется электронами $4p$ или $5s$.

Решение

Подуровень	n	l	$(n + l)$
$4p$	4	1	5
$5s$	5	0	5

Так как сумма одинакова, то в первую очередь заполняется подуровень с меньшим значением n , т. е. $4p$.

Задание 2. По распределению валентных электронов $3d^5 4s^2$ определите, какой это элемент, укажите его символ, положение в Периодической системе (номер периода, группа, подгруппа) и напишите полную электронную формулу.

Решение. Значение главного квантового числа последнего энергетического уровня соответствует номеру периода, следовательно, элемент находится в 4-м периоде. Сумма валентных электронов показывает номер группы, в которой находится элемент, в данном случае номер группы VII. Так как валентные электроны находятся на d -подуровне, то это элемент побочной подгруппы ${}_{25}\text{Mn } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2$.

Задание 3. Напишите полные электронные формулы ионов F^- , Sn^{2+} .

Решение. При образовании отрицательно заряженного иона нейтральный атом элемента принимает электроны: $\text{F}^0 + 1\bar{e} = \text{F}^-$, электронная формула иона ${}_{9}\text{F}^- 1s^2 2s^2 2p^6$. Положительно заряженный ион образуется, когда нейтральный атом элемента отдает электроны: $\text{Sn}^0 - 2p = \text{Sn}^{2+}$, электронная формула иона ${}_{50}\text{Sn}^{2+} 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^0$.

Задания к разделу 1

Номер варианта	а) Укажите численные значения главного и орбитального квантовых чисел данных подуровней, рассчитайте последовательность их заполнения	б) Распределите по квантовым ячейкам валентные электроны, определите химический элемент и его положение в системе Д.И. Менделеева (номер периода, группа, подгруппа)	в) Напишите электронные формулы предложенных атомов и ионов, укажите положение их в системе Д.И. Менделеева (номер периода, группа, подгруппа)
1	3p; 4s; 2p	$3d^1 4s^2$	Fe, Na ⁺
2	3d; 4p; 3p	$3d^2 4s^2$	Co, Cl [—]
3	5d; 4p; 4d	$3d^3 4s^2$	Ni, Ba ²⁺
4	3d; 4f; 5s	$3d^5 4s^1$	Zn, Ca ²⁺
5	4d; 4s; 5s	$4d^5 5s^2$	Sn, S ^{2—}
6	6s; 4p; 4f	$3d^6 4s^2$	W, In ³⁺
7	3d; 5s; 7p	$3d^7 4s^2$	S, La ³⁺
8	4d; 6s; 5d	$3d^8 4s^2$	F, Tl ³⁺
9	4p; 5p; 4f	$3d^{10} 4s^1$	Br, Zr ⁴⁺
10	3d; 3p; 2s	$3d^{10} 4s^2$	Al, Hg ²⁺
11	5d; 3s; 6s	$4s^2 4p^1$	Pb, Au ³⁺
12	6d; 4f; 5p	$4s^2 4p^2$	Ge, Ag ⁺
13	5d; 3p; 4d	$4s^2 4p^3$	Ga, Sb ³⁺
14	7s; 6p; 4d	$4s^2 4p^4$	N, Bi ³⁺
15	5d; 4p; 3d	$4s^2 4p^5$	Cl, Pb ²⁺
16	5s; 6s; 4p	$4s^2 4p^6$	Y, Hf ⁴⁺
17	6p; 5f; 6d	$5d^7 6s^2$	Zr, At [—]
18	5d; 5s; 4f	$5d^9 6s^2$	Ta, Ga ³⁺
19	3s; 4d; 3p	$5d^3 6s^2$	Cr, Se ^{2—}
20	5f; 4d; 4s	$5d^5 6s^2$	Mo, Cu ²⁺
21	3p; 4s; 2p	$3d^5 4s^1$	W, La ³⁺
22	3d; 5s; 7p	$3d^6 4s^2$	Zn, Cl [—]
23	6d; 4f; 5p	$4s^2 4p^{53}$	Co, Mg ²⁺
24	5d; 4p; 3d	$5d^{10} 6s^2$	Se, Pb ⁴⁺
25	6d; 4f; 5p	$3d^{10} 4s^1$	I, Cu ⁺
26	6p; 5f; 6d	$4d^5 5s^2$	Bi, Ni ²⁺
27	3d; 4f; 5s	$5d^3 6s^2$	Hg, Au ⁺
28	3d; 4p; 3p	$4s^2 4p^4$	Ag, Ga ³⁺
29	7s; 6p; 4d	$4d^6 5s^2$	B, W ⁶⁺
30	5d; 5s; 4f	$4d^7 5s^2$	P, Cr ³⁺

2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1. Основы химической термодинамики

Пример решения и оформления задания к подразделу 2.1

Пример. Вычислить стандартные изменения энтальпии, энтропии, энергии Гиббса в реакции $\text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{графит})} = 2\text{CO}_{(\text{г})}$. Определить температуру, при которой устанавливается химическое равновесие реакции, построить график зависимости $\Delta G_{\text{х.р.}}$ от T и сделать вывод о возможности протекания реакции в прямом направлении.

Решение

• Производим расчет стандартного изменения энтальпии реакции по следствию из закона Гесса:

$$\begin{aligned}\Delta H_{\text{х.р.}}^0 &= \Sigma(n\Delta H_{\text{прод.}}^0) - \Sigma(n\Delta H_{\text{исх.в.}}^0) = 2\Delta H_{\text{CO}}^0 - (\Delta H_{\text{CO}_2}^0 + \Delta H_{\text{C}}^0) = \\ &= 2 \cdot (-110,5) - (-393,5 + 0) = 172,5 \text{ кДж.}\end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{х.р.}}^0 > 0 - \text{эндотермическая реакция.}$$

• Стандартное изменение энтропии реакции также определяем по следствию из закона Гесса:

$$\begin{aligned}\Delta S_{\text{х.р.}}^0 &= \Sigma(nS_{\text{прод.}}^0) - \Sigma(nS_{\text{исх.в.}}^0) = 2S_{\text{CO}}^0 - (S_{\text{CO}_2}^0 - S_{\text{C}}^0) = \\ &= 2 \cdot 197,5 - (213,7 + 5,7) = 175,6 \text{ Дж/К} = 175,6 \cdot 10^{-3} \text{ кДж/К.}\end{aligned}$$

Если пренебречь зависимостями ΔH и ΔS от температуры и считать их постоянными, можно рассчитать энергию Гиббса при нестандартной температуре T :

$$\Delta G_{\text{х.р.}}^0 \approx \Delta H_{\text{х.р.}}^0 - T \cdot \Delta S_{\text{х.р.}}^0 = 172,5 - 298 \cdot 175,5 \cdot 10^{-3} = 120,2 \text{ кДж.}$$

$$\Delta G_{\text{х.р.}}^0 > 0, \text{ при } T = 298 \text{ К прямая реакция невозможна.}$$

• Определим температуру, при которой устанавливается химическое равновесие.

$$\Delta G_{\text{х.р.}}^0 \approx \Delta H_{\text{х.р.}}^0 - T \cdot \Delta S_{\text{х.р.}}^0 = 0$$

$$T = \frac{\Delta H_{x.p.}^0}{\Delta S_{x.p.}^0} = \frac{172,5}{175,6 \cdot 10^{-3}} = 982 \text{ K}$$

• Строим график зависимости $\Delta G_{x.p.}$ от T .

• Из графика (рис. 2.1) следует, что в интервале температур 0–982 К $\Delta G > 0$, т.е. прямая реакция невозможна; выше 982 К $\Delta G < 0$, т.е. при температурах выше 982 К самопроизвольно протекает прямая реакция.

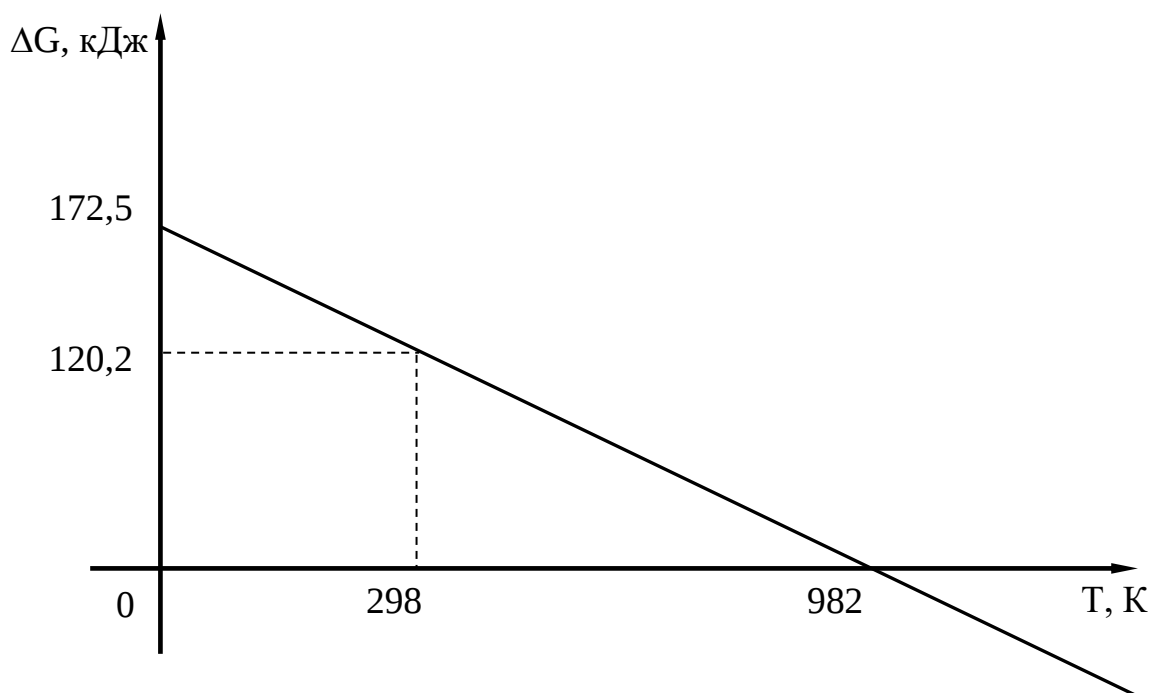


Рис. 1.1. Зависимость $\Delta G_{x.p.}$ от T

Задания к подразделу 2.1

Вычислить стандартные изменения энтальпии, энтропии, энергии Гиббса в реакции. Определить температуру, при которой устанавливается химическое равновесие реакции, построить график зависимости $\Delta G_{x.p.}$ от T и сделать вывод о возможности протекания реакции в прямом направлении.

№	Реакция к заданию	№	Реакция к заданию
1	$2\text{SO}_{2(g)} + \text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(g)}$	16	$3\text{S}_{(тв)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(ж)} \rightleftharpoons \text{SO}_{2(g)} + 2\text{H}_2\text{S}_{(г)}$
2	$4\text{NH}_{3(g)} + 5\text{O}_{2(g)} \rightleftharpoons 4\text{NO}_{(г)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(ж)}$	17	$\text{SO}_{2(g)} + \text{NO}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{SO}_{3(g)} + \text{NO}_{(г)}$
3	$4\text{NO}_{2(г)} \rightleftharpoons 4\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)}$	18	$\text{C}_{(\text{графит})} + 2\text{F}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{CF}_{4(г)}$

№	Реакция к заданию	№	Реакция к заданию
4	$4\text{NO}_{(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$	19	$2\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{S}_{(\text{тв})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
5	$\text{CH}_{4(\text{г})} \rightleftharpoons \text{C}(\text{графит}) + 2\text{H}_{2(\text{г})}$	20	$\text{Cl}_{2(\text{г})} + 2\text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{ClO}_{2(\text{г})}$
6	$\text{CaO}_{(\text{тв})} + \text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{Ca}_{(\text{тв})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	21	$2\text{H}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
7	$4\text{HCl}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} + 2\text{Cl}_{2(\text{г})}$	22	$4\text{NO}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$
8	$\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NH}_{3(\text{г})}$	23	$\text{O}_{2(\text{г})} + 2\text{F}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{OF}_{2(\text{г})}$
9	$2\text{HNO}_{3(\text{г})} \rightleftharpoons \text{H}_{2(\text{г})} + \text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{O}_{2(\text{г})}$	24	$\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{HCl}_{(\text{г})} + \text{S}_{(\text{тв})}$
10	$2\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}_{(\text{г})}$	25	$\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{C}(\text{графит}) + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$
11	$\text{C}(\text{графит}) + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$	2.	$\text{SO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})} \rightleftharpoons 3\text{S}_{(\text{тв})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$
12	$\text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$	27	$\text{C}(\text{алмаз}) + \text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} \rightleftharpoons \text{CO}_{(\text{г})} + \text{H}_{2(\text{г})}$
13	$2\text{Ag}_2\text{O}_{(\text{тв})} \rightleftharpoons 4\text{Ag}_{(\text{тв})} + \text{O}_{2(\text{г})}$	28	$2\text{N}_2\text{O}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 4\text{NO}_{(\text{г})}$
14	$\text{SiF}_{4(\text{г})} \rightleftharpoons \text{Si}_{(\text{тв})} + 2\text{F}_{2(\text{г})}$	29	$\text{Si}_{(\text{тв})} + 3\text{F}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{SiF}_{6(\text{г})}$
15	$\text{CO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{CO}_{2(\text{г})}$	30	$\text{CO}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(\text{г})}$

2.2. Скорость химических реакций

Задания к подразделу 2.2.

Вариант 1. Взаимодействие между оксидом углерода и хлором идет по уравнению $\text{CO}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = \text{COCl}_{2(\text{г})}$. Исходная концентрация CO равна 0,3 моль/л, Cl_2 – 0,2 моль/л. Как изменится скорость прямой реакции, если увеличить концентрацию хлора до 0,6, а CO до 1,2 моль/л?

Вариант 2. На сколько градусов надо понизить температуру, чтобы скорость реакции уменьшилась в 81 раз при температурном коэффициенте скорости реакции, равном 3?

Вариант 3. Константа скорости реакции $\text{A} + 2\text{B} = \text{AB}_2$ равна $5 \cdot 10^{-4} \text{ л}^2/(\text{моль}^2 \cdot \text{с})$. Рассчитайте скорость прямой реакции при $\text{C}_\text{A} = 0,6$ моль/л и $\text{C}_\text{B} = 0,8$ моль/л.

Вариант 4. При температуре 773 К реакция протекает в течение 1 секунды. Сколько времени (секунд) потребуется для ее окончания при 673 К, если температурный коэффициент скорости реакции равен 2?

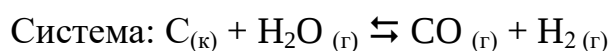
Вариант 5. Определить, во сколько раз увеличится скорость прямой реакции $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} = 2\text{NO}_{2(г)}$, если концентрацию каждого из исходных веществ (O_2 , NO) увеличить в 6 раз?

Вариант 6. Скорость некоторой реакции при уменьшении температуры с 333 до 303 К уменьшилась в 8 раз. Определить температурный коэффициент скорости этой реакции.

Вариант 7. Во сколько раз увеличится скорость обратной реакции в гомогенной системе $2\text{N}_2\text{O}_{5(г)} \rightleftharpoons \text{O}_{2(г)} + 2\text{N}_2\text{O}_{4(г)}$ при увеличении давления в системе в 3 раза?

Вариант 68. Во сколько раз уменьшится скорость реакции при понижении температуры на 40 К, если температурный коэффициент скорости реакции равен 3?

Вариант 9. Во сколько раз следует увеличить давление в системе, чтобы скорость обратной реакции возросла в 100 раз?



Вариант 10. Две реакции при температуре 283 К протекают с одинаковой скоростью ($v_1 = v_2$). Температурный коэффициент скорости первой реакции равен 3, второй равен 4. Как будут относиться скорости реакций ($v_2:v_1$), если реакцию проводить при 303 К?

Вариант 11. Во сколько раз увеличится скорость прямой реакции в гомогенной системе $2\text{N}_{2(г)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{N}_2\text{O}_{(г)}$ при увеличении давления в два раза?

Вариант 12. При 273 К реакция заканчивается за один час. Принимая температурный коэффициент скорости реакции равным 3, рассчитайте, сколько минут потребуется на эту же реакцию при 323 К?

Вариант 13. Взаимодействие между оксидом углерода и хлором происходит по реакции $\text{CO}_{(г)} + \text{Cl}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{COCl}_{2(г)}$. Во сколько раз увеличится скорость прямой реакции при увеличении давления в 4 раза?

Вариант 14. Скорость некоторой реакции при уменьшении температуры от 333 К до 303 К уменьшилась в 27 раз. Определите температурный коэффициент скорости этой реакции.

Вариант 15. Во сколько раз следует увеличить концентрацию оксида углерода в системе $2\text{CO}_{(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{к})}$, чтобы скорость реакции увеличилась в 16 раз?

Вариант 16. При увеличении температуры на 40 К скорость реакции возросла в 256 раз. Определите температурный коэффициент скорости реакции.

Вариант 17. Реакция между оксидом азота (II) и хлором протекает по уравнению $2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{NOCl}_{2(\text{г})}$. Во сколько раз увеличится скорость прямой реакции при увеличении концентрации обоих веществ в два раза?

Вариант 18. Во сколько раз возрастает скорость некоторой химической реакции при повышении температуры от 298 до 328 К, если температурный коэффициент скорости реакции равен 3?

Вариант 19. Скорость реакции $\text{A} + 2\text{B} = \text{C}$ при $C_{\text{A}} = 0,5$ моль/л и $C_{\text{B}} = 0,6$ моль/л равна 1,08 моль/(л·с). Определите константу скорости реакции, л²/(моль²·с).

Вариант 20. Во сколько раз увеличится скорость реакции при повышении температуры на 70 К, если температурный коэффициент скорости реакции равен 2?

Вариант 21. Во сколько раз в системе $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} = 2\text{NH}_{3(\text{г})}$ следует увеличить концентрацию водорода, чтобы скорость реакции возросла в 100 раз?

Вариант 22. Вычислить температурный коэффициент реакции (γ), если константа скорости ее при 120 °С составляет $5,88 \cdot 10^{-4}$, при 170 °С равна $6,7 \cdot 10^{-2}$.

Вариант 23. Во сколько раз следует увеличить давление, чтобы скорость образования NO_2 по уравнению $2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{NO}_{2(\text{г})}$ возросла в 1000 раз?

Вариант 24. При повышении температуры на 50 К скорость реакции возросла в 1200 раз. Вычислить температурный коэффициент реакции (γ).

Вариант 25. Для реакции $\text{C}_{(\text{т})} + \text{O}_{2(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})}$ написать кинетическое уравнение и определить, во сколько раз увеличится скорость реакции при увеличении концентрации кислорода в 3 раза.

Вариант 26. На сколько градусов следует повысить температуру системы, чтобы скорость протекающей в ней реакции возросла в 30 раз ($\gamma = 2,5$)?

Вариант 27. Реакция между оксидом азота (I I) и хлором протекает в соответствии с уравнением $2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{NOCl}_{(\text{г})}$. Как изменится скорость реакции при увеличении: концентрации азота в 2 раза; концентрации хлора в 2 раза; концентрации обоих веществ в 2 раза?

Вариант 28. Во сколько раз увеличится константа скорости химической реакции при повышении температуры на 40 К, если $\gamma = 3,2$?

Вариант 29. Написать выражения скорости химических реакций, протекающих по схеме $\text{A} + \text{B} = \text{AB}$ при условии: А и В – газообразные вещества; А и В – жидкости, смешивающиеся в любых соотношениях; А – твердое вещество, а В – газ.

Вариант 30. Некоторая реакция при $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ завершается за 2 часа. Через какое время закончится эта реакция при $T = 75\text{ }^{\circ}\text{C}$, если температурный коэффициент равен двум?

2.3. Химическое равновесие

Пример решения и оформления задания к подразделу 2.3

Пример. Напишите выражение K_c (константы равновесия) для обратимой реакции $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$; $\Delta H_{\text{х.р.}}^0 = -92\text{ кДж/моль}$ и укажите направление смещения равновесия при изменении условий:

- 1) при увеличении концентрации NH_3 ;
- 2) при увеличении давления;
- 3) при понижении температуры.

Решение. Выражение константы равновесия для данной гомогенной реакции имеет вид

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}.$$

Согласно принципу Ле Шателье при изменении параметров равновесие смещается:

- 1) с увеличением C_{NH_3} в направлении уменьшения концентрации NH_3 , т.е.

в обратном направлении;

2) с увеличением P в направлении образования меньшего числа молей газообразного вещества (в прямом направлении);

3) при понижении температуры в сторону экзотермической реакции (прямая реакция).

Задание к подразделу 2.3

Напишите выражение K_c для обратимых реакций и укажите направление смещения равновесия при изменении условий: а) уменьшении парциального давления одного из исходных газообразных веществ; б) понижении давления; в) повышении температуры.

Номер варианта	Уравнение реакции	ΔH^0 , кДж/моль
1	$2N_2O_{(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 4NO_{(г)}$	+196
2	$4NH_{3(г)} + 5O_{2(г)} \rightleftharpoons 4NO_{(г)} + 6H_2O_{(г)}$	–908
3	$2H_2S_{(г)} + 3O_{2(г)} \rightleftharpoons 2SO_{2(г)} + 2H_2O_{(г)}$	–1038
4	$CO_{2(г)} + H_{2(г)} \rightleftharpoons CO_{(г)} + H_2O_{(г)}$	+41
5	$2H_{2(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2H_2O_{(г)}$	–484
6	$2SO_{2(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2SO_{3(г)}$	–196
7	$2NO_{(г)} + O_{2(г)} \rightleftharpoons 2NO_{2(г)}$	–112
8	$Fe_3O_{4(т)} + H_{2(г)} \rightleftharpoons 3FeO_{(т)} + H_2O_{(г)}$	62
9	$FeO_{(т)} + H_{2(г)} \rightleftharpoons Fe_{(т)} + H_2O_{(г)}$	–272
10	$C_{(графит)} + H_2O_{(г)} \rightleftharpoons CO_{(г)} + H_{2(г)}$	+131
11	$CO_{(г)} + H_2O_{(г)} \rightleftharpoons CO_{2(г)} + H_{2(г)}$	–41
12	$SO_{3(г)} + H_{2(г)} \rightleftharpoons SO_{2(г)} + H_2O_{(г)}$	–144
13	$H_{2(г)} + Cl_{2(г)} \rightleftharpoons 2HCl_{(г)}$	–184
14	$FeO_{(т)} + CO_{(г)} \rightleftharpoons Fe_{(т)} + CO_{2(г)}$	–11
15	$2ZnS_{(т)} + 3O_{2(г)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(т)} + 2SO_{2(г)}$	–878
16	$N_{2(г)} + 3H_{2(г)} \rightleftharpoons 2NH_{3(г)}$	–92
17	$CaO_{(т)} + CO_{2(г)} \rightleftharpoons CaCO_{3(т)}$	–175
18	$2MgCl_{2(т)} + 2O_{2(г)} \rightleftharpoons 2MgO_{(т)} + 2Cl_{2(г)}$	+82
19	$CaO_{(т)} + H_2O_{(г)} \rightleftharpoons Ca(OH)_{2(т)}$	–48
20	$H_2O_{(г)} + CO_{(г)} \rightleftharpoons CO_{2(г)} + H_{2(г)}$	–41
21	$COCl_{2(г)} \rightleftharpoons CO_{(г)} + Cl_{2(г)}$	+113

Номер варианта	Уравнение реакции	ΔH^0 , кДж/моль
22	$2\text{CO}_{(г)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(г)} + \text{C}_{(т)}$	–171
23	$3\text{FeO}_{(т)} + \text{CO}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{Fe}_3\text{O}_{4(т)} + \text{CO}_{(г)}$	–21
24	$\text{CH}_{4(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} \rightleftharpoons 3\text{H}_{2(г)} + \text{CO}_{(г)}$	+206
25	$\text{PCl}_{5(г)} \rightleftharpoons \text{PCl}_{3(г)} + \text{Cl}_{2(г)}$	+21
26	$\text{BaO}_{(т)} + \text{CO}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{BaCO}_{3(т)}$	–251
28	$2\text{H}_2\text{S}_{(г)} + 3\text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 2\text{SO}_{2(г)}$	–1038
29	$\text{C}_{(т)} + \text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons \text{CO}_{2(г)}$	–394
30	$2\text{Al}_2\text{O}_{3(т)} + 6\text{SO}_{2(г)} + 3\text{O}_{2(г)} \rightleftharpoons 2\text{Al}_2(\text{SO}_4)_{3(т)}$	–1740

3. РАСТВОРЫ

Примеры решения типичных задач раздела 3

Пример 1. Задача на разбавление.

Какой объем 95%-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,84$ г/мл) надо взять для приготовления 400 г 10%-ного раствора кислоты?

Приготовление раствора означает, что концентрированный раствор разбавляют водой. При этом остается неизменной масса растворенного вещества.

Кратко запишем условия задачи, обозначив параметры исходного раствора с индексом 1, приготовляемого раствора с индексом 2.

Дано:

$$C_{\%1} = 95\%$$

$$\rho_1 = 1,84 \text{ г/мл}$$

$$m_{2\text{ р-ра}} = 400 \text{ г}$$

$$C_{\%2} = 10\%$$

Найти: $V_1 = ?$

Решение:

- Из выражения для процентной концентрации приготовляемого раствора выразим необходимую массу растворенного вещества (серной кислоты):

$$C_{\%2} = \frac{m_{2B}}{m_{2\text{ р-ра}}} \cdot 100\% \Rightarrow m_B = \frac{C_{\%2} \cdot m_{2\text{ р-ра}}}{100\%} \quad (1)$$

- Определяем массу серной кислоты (m_{1B}) в исходном растворе:

$$C_{\%1} = \frac{m_{1B}}{m_{1\text{ р-ра}}} \cdot 100\%,$$

так как $m_{1\text{ р-ра}} = V_1 \cdot \rho_1$, то

$$C_{\%1} = \frac{m_{1B}}{V_1 \cdot \rho_1} \cdot 100\% \Rightarrow m_{1B} = \frac{C_{\%1} \cdot V_1 \cdot \rho_1}{100\%} \quad (2)$$

- Поскольку $m_{1B} = m_{2B}$, то приравниваем выражения (1) и (2).

$$\frac{C_{\%1} \cdot V_1 \cdot \rho_1}{100\%} = \frac{C_{\%2} \cdot m_{2\text{ р-ра}}}{100\%} \Rightarrow V_1 = \frac{C_{\%2} \cdot m_{2\text{ р-ра}}}{C_{\%1} \cdot \rho_1}$$

- Расчет:

$$V_1 = \frac{10\% \cdot 400 \text{ г}}{95\% \cdot 1,84 \text{ г/мл}} = 22,9 \text{ мл}$$

Ответ: объем 95%-ного раствора серной кислоты, необходимый для приготовления 400 г 10%-го, равен 22,9 мл.

Пример 2. Задача с расчетом по уравнению химической реакции.

Какая масса 25%-ного раствора гидроксида калия расходуется на нейтрализацию 75 г 15%-ного раствора уксусной кислоты?

Обозначим параметры, относящиеся к уксусной кислоте, индексом 1, гидроксиду калия – индексом 2.

Дано:

$$C_{\%1} = 15\%$$

$$m_{1\text{ p-ра}} = 75 \text{ г}$$

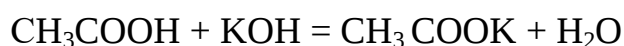
$$C_{\%2} = 25\%$$

Найти:

$$m_{2\text{ p-ра}} = ?$$

Решение:

- Уравнение реакции нейтрализации:



- Рассчитаем массу растворенного вещества, содержащегося в растворе уксусной кислоты:

$$C_{\%2} = \frac{m_{1\text{В}}}{m_{1\text{ p-ра}}} \cdot 100\% \Rightarrow m_{1\text{В}} = \frac{C_{\%} \cdot m_{1\text{ p-ра}}}{100\%}$$

- Определяем количество вещества (уксусной кислоты), содержащегося в растворе:

$$\nu_1 = \frac{m_{1\text{В}}}{M_{1\text{В}}} = \frac{C_{\%} \cdot m_{1\text{ p-ра}}}{100\% \cdot M_1} = \frac{15\% \cdot 75 \text{ г}}{100\% \cdot 50 \text{ г/моль}} = 0,188 \text{ моль}$$

- По уравнению реакции $\nu_1 = \nu_2$, поэтому $\nu_2 = 0,188$ моль.
- Найдем массу растворенного вещества, которая содержится в растворе гидроксида калия:

$$m_{2\text{В}} = M_2 \cdot \nu_2 = 56 \text{ г/моль} \cdot 0,188 \text{ моль} = 10,5 \text{ г.}$$

- Определяем массу раствора гидроксида калия, содержащего данное количество растворенного вещества – гидроксида калия:

$$m_{2\text{ p-ра}} = \frac{m_{2\text{В}} \cdot 100\%}{C_{\%2}} = \frac{10,5 \text{ г} \cdot 100\%}{25\%} = 42 \text{ г.}$$

Ответ: 42 г – масса раствора гидроксида калия, которая расходуется на реакцию с уксусной кислотой.

Пример 3. Задача на приготовление раствора соли из

кристаллогидрата.

В 450 г воды растворили 50 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Вычислить процентное содержание кристаллогидрата ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) и безводной соли (CuSO_4) в растворе.

Обозначим параметры раствора кристаллогидрата с индексом 1, раствора безводной соли с индексом 2.

Дано:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 450 \text{ г}$$

$$m_{1\text{В}} = 50 \text{ г}$$

Найти:

$$C\%_1, C\%_2 = ?$$

Решение:

- Найдём общую массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = m_{1\text{р-ра}} = m_{2\text{р-ра}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{1\text{В}}.$$

$$m_{\text{р-ра}} = 450 \text{ г} + 50 \text{ г} = 500 \text{ г}.$$

- Рассчитаем процентное содержание кристаллогидрата в растворе:

$$C\%_1 = \frac{m_{1\text{В}}}{m_{1\text{р-ра}}} \cdot 100\% = \frac{50 \text{ г} \cdot 100\%}{500 \text{ г}} = 10\%$$

- Определим массу безводной соли в растворе:

$$v_1 = v_2 \Rightarrow \frac{m_{1\text{В}}}{M_{1\text{В}}} = \frac{m_{2\text{В}}}{M_{2\text{В}}} \Rightarrow m_{2\text{В}} = \frac{m_{1\text{В}} \cdot M_{2\text{В}}}{M_{1\text{В}}}$$

- Рассчитаем массу безводной соли:

$$m_{2\text{В}} = \frac{50 \text{ г} \cdot 159,5 \text{ г/моль}}{249,5 \text{ г/моль}}$$

- Процентное содержание безводной соли в растворе:

$$C\%_2 = \frac{m_{2\text{В}}}{m_{2\text{р-ра}}} \cdot 100\% = \frac{31,96 \text{ г} \cdot 100\%}{500 \text{ г}} = 6,39\%$$

Ответ: 10% – содержание кристаллогидрата в растворе, 6,39% – содержание безводной соли в растворе.

Пример 4. Задача на расчет молярной концентрации, если известна процентная концентрация.

Определить молярную концентрацию 36,2%-ного (по массе) раствора соляной кислоты, плотность которого равна 1,18 г/мл.

Дано:

$$C_{\%} = 36,2 \%$$

$$\rho = 1,18 \text{ г/мл}$$

Найти:

$$C_M = ?$$

Решение:

- Из выражения для процентной концентрации данного раствора выразим необходимую массу растворенного вещества (соляной кислоты):

$$C_{\%} = \frac{m_B}{m_{p-pa}} \cdot 100\% \Rightarrow m_B = \frac{C_{\%} \cdot m_{p-pa}}{100\%} \quad (1)$$

- Подставляем массу соляной кислоты (m_B) в формулу, выражающую молярную концентрацию раствора, и, учитывая, что $m_{p-pa} = V \cdot \rho$, записываем формулу перехода от процентной концентрации к молярной:

$$C_M = \frac{C_{\%} \cdot m_{p-pa}}{M_B \cdot V \cdot 100\%} = \frac{C_{\%} \cdot V \cdot \rho}{M_B \cdot V \cdot 100\%} \quad (2)$$

- Для приведения размерности применяемых величин в соответствие выразим плотность раствора в г/л: $\rho = 1,18 \cdot 10^3 \text{ г/л}$. В этом случае единицей измерения объема раствора являются литры – объем можно сократить. Формула приобретает следующий вид:

$$C_M = \frac{C_{\%} \cdot V \cdot \rho \cdot 10^3}{M_B \cdot V \cdot 100\%} = \frac{C_{\%} \cdot \rho \cdot 10}{M_B \cdot 1\%} \quad (3)$$

- Производим расчет, используя формулу (3) для перехода от процентной концентрации к молярной:

$$C_M = \frac{C_{\%} \cdot \rho \cdot 10}{M_B \cdot 1\%} = \frac{36,2\% \cdot 1,18 \text{ г/л} \cdot 10}{36,5 \text{ г/моль} \cdot 1\%} = 11,7 \text{ моль/л}$$

Ответ: 11,7 моль/л.

Пример 5. Задача на определение процентной концентрации, если известна молярная концентрация раствора.

Определить процентное содержание растворенного вещества в 1,68 М растворе H_2SO_4 , плотность которого равна 1,1 г/мл.

Дано:

$$C_M = 1,68 \text{ моль/л}$$

$$\rho = 1,1 \text{ г/мл}$$

Найти:

$$C_{\%} = ?$$

Решение:

- Расчет произведем, используя формулу из табл.4.2 для перехода от молярной концентрации к процентной (вывод формулы можно произвести самостоятельно, используя пример 4):

$$C_{\%} = \frac{C_M \cdot M_B \cdot 1\%}{\rho \cdot 10} = \frac{1,68 \text{ моль/л} \cdot 98 \text{ г/моль} \cdot 1\%}{1,1 \text{ г/л} \cdot 10}$$

$$C_{\%} = 15 \%$$

Ответ: 15 %.

Задания к подразделу 3

Каждое задание содержит по две задачи (а, б).

1. а) К 500 мл раствора соляной кислоты ($\rho = 1,10 \text{ г/мл}$) прибавили 2,5 л воды, после чего раствор стал 4%-ным. Определите процентное содержание растворенного вещества в исходном растворе.

б) Определите молярную концентрацию 10%-ного раствора азотной кислоты ($\rho = 1,06 \text{ г/мл}$).

2. а) Определите молярную концентрацию раствора сульфата калия, в 200 мл которого содержится 1,74 г растворенного вещества.

б) Определите процентное содержание растворенного вещества 1М раствора нитрата никеля (II), плотность которого 1,08 г/мл.

3. а) Определите молярную концентрацию 10%-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,07 \text{ г/мл}$).

б) Сколько мл воды следует прибавить к 100 мл 20%-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,14 \text{ г/мл}$) для получения 5%-ного раствора?

4. а) В каком объеме воды следует растворить 32,2 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, чтобы получить 5%-ный раствор сульфата натрия?

б) Определите процентное содержание растворенного вещества 0,9 М раствора H_3PO_4 ($\rho = 1,05 \text{ г/мл}$).

5. а) Сколько граммов медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и воды требуется для приготовления 150 г 8%-ного раствора в расчете на безводную соль?
- б) Определите молярную концентрацию 27%-ного раствора соляной кислоты ($\rho = 1,14$ г/мл).
6. а) До какого объема следует разбавить 1,5 л 20%-ного раствора хлорида аммония ($\rho = 1,06$ г/мл), чтобы получить 10%-ный раствор ($\rho = 1,03$ г/мл)?
- б) Сколько миллилитров 70%-ного раствора нитрата калия ($\rho = 1,16$ г/мл) требуется для приготовления 0,5 л 0,2 М раствора?
7. а) Сколько граммов кристаллической соды $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ надо взять для приготовления 2 л 0,2 М раствора Na_2CO_3 ?
- б) Сколько миллилитров 36%-ного раствора соляной кислоты ($\rho = 1,18$ г/мл) требуется для приготовления 4 л 0,5 М раствора?
8. а) К 1 л 20%-ного раствора гидроксида натрия ($\rho = 1,22$ г/мл) прибавили 10 л воды. Определите процентное содержание растворенного вещества в полученном растворе.
- б) Определите молярную концентрацию 8%-ного раствора сульфата натрия ($\rho = 1,08$ г/мл).
9. а) Сколько миллилитров 10%-ного раствора Na_2CO_3 ($\rho = 1,10$ г/мл) следует прибавить к 1 л 2%-ного раствора ($\rho = 1,02$ г/мл), чтобы получить 3%-ный раствор этой соли?
- б) Определите процентное содержание растворенного вещества в 2 М растворе гидроксида натрия ($\rho = 1,08$ г/мл).
10. а) Сколько миллилитров воды следует прибавить к 25 мл 40%-ного раствора KOH ($\rho = 1,40$ г/мл), чтобы получить 2%-ный раствор?
- б) Сколько миллилитров 96 %-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,84$ г/мл) требуется для приготовления 300 мл 0,5 М раствора?
11. а) Сколько граммов медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ следует добавить к 150 мл воды, чтобы получить 5%-ный раствор CuSO_4 ?
- б) Сколько миллилитров 30%-ного раствора азотной кислоты ($\rho = 1,84$ г/мл) требуется для приготовления 250 мл 0,5 М раствора?

12. а) Определите процентное содержание растворенного вещества в 0,25 М растворе гидроксида натрия ($\rho = 1,01$ г/мл).
- б) Сколько миллилитров 0,1 М раствора HCl можно приготовить из 20 мл 0,5 М раствора этой кислоты?
13. а) Определите молярную концентрацию 10%-ного раствора соляной кислоты ($\rho = 1,05$ г/мл).
- б) Сколько миллилитров 30%-ной азотной кислоты с $\rho = 1,18$ г/мл требуется для приготовления 250 мл 11%-ного раствора ($\rho = 1,07$ г/мл)?
14. а) Сколько миллилитров 30%-ного раствора KOH ($\rho = 1,29$ г/мл) требуется для приготовления 300 мл 0,1 М раствора?
- б) К 760 мл 20%-ного раствора NaOH ($\rho = 1,22$ г/мл) прибавили 140 мл 10%-ного раствора NaOH ($\rho = 1,11$ г/мл). Определите процентное содержание растворенного вещества.
15. а) К 50 мл 96%-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,84$ г/мл) прибавили 50 мл воды. Определите процентное содержание растворенного вещества в полученном растворе.
- б) Определите молярную концентрацию 72%-ного раствора азотной кислоты ($\rho = 1,43$ г/мл).
16. а) Определите молярную концентрацию 6%-ного раствора фосфорной кислоты ($\rho = 1,03$ г/мл).
- б) Определите процентное содержание растворенного вещества раствора, полученного смешением 10 мл 96%-ного раствора азотной кислоты (плотность 1,50 г/мл) и 20 мл 48%-ного раствора азотной кислоты ($\rho = 1,30$ г/мл).
17. а) До какого объема следует разбавить 500 мл 20%-ного раствора хлорида натрия ($\rho = 1,15$ г/мл), чтобы получить 4,5%-ный раствор ($\rho = 1,03$ г/мл)?
- б) Определите молярную концентрацию 50%-ного раствора азотной кислоты ($\rho = 1,31$ г/мл).
18. а) Определите молярную концентрацию 60%-ного раствора серной кислоты ($\rho = 1,50$ г/мл).
- б) Сколько миллилитров 32%-ного раствора азотной кислоты

($\rho = 1,19$ г/мл) требуется для приготовления 300 мл 0,75 М раствора?

19. а) Сколько миллилитров 0,2 М раствора азотной кислоты необходимо для нейтрализации 80 мл 0,6 М раствора NaOH?

б) Определите процентное содержание растворенного вещества в 1,5 М растворе KOH ($\rho = 1,07$ г/мл).

20. а) Определите молярную концентрацию 10%-ного раствора карбоната натрия ($\rho = 1,10$ г/мл).

б) Сколько миллилитров 30%-ного раствора NH_4OH ($\rho = 0,90$ г/мл) требуется для получения 400 мл 2 М раствора?

4. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ. ЭЛЕКТРОЛИТЫ. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ

4.1. Реакции в растворах электролитов

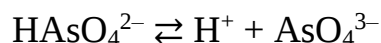
Пример 1. Приведите название соединений. Напишите уравнения их диссоциации: $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, Na_2HAsO_4 , $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{NO}_3$

Решение

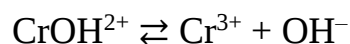
а) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ – фосфат кальция;



б) Na_2HAsO_4 – гидроарсенат натрия;

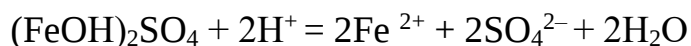
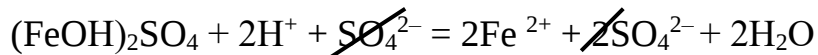
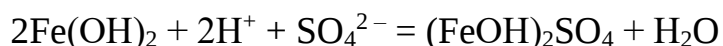
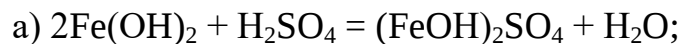


в) $\text{Cr}(\text{OH})_2\text{NO}_3$ – дигидроксонитрат хрома (III)



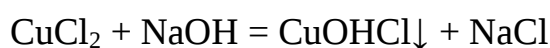
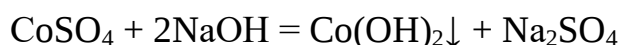
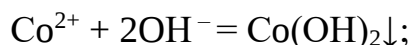
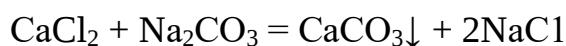
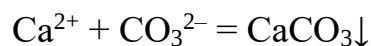
Пример 2. Осуществить превращения: $\text{Fe}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{FeOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4$.

Решение



Пример 3. По ионным уравнениям реакций составить молекулярные.

Решение



Задания к подразделам 4.1

Задание 1. Приведите название соединений. Напишите уравнения их диссоциации.

№	Задание 1	№	Задание 1
1	NiOHCl, NiBr ₂ , NaH ₂ PO ₄	16	CdOHBr, Ni(NO ₃) ₂ , NaHCO ₃
2	CaCl ₂ , (CoOH) ₂ SO ₄ , KHCO ₃	17	Pb(HSO ₄) ₂ , NH ₄ NO ₃ , CoOHCl
3	BaSO ₄ , Ca(HCO ₃) ₂ , AlOHCl ₂	18	K ₂ HAsO ₃ , AlOHCl ₂ , K ₂ CO ₃
4	CaBr ₂ , (SnOH) ₂ SO ₄ , K ₂ HPO ₄	19	Al(OH) ₂ NO ₃ , Fe ₂ (SO ₄) ₃ , KHSe
5	NaHSe, CoOHNO ₃ , MgCl ₂	20	CsHTe, Ca ₃ (PO ₄) ₂ , MnOHBr
6	Al ₂ (SO ₄) ₃ , CrOHCl ₂ , KHSO ₃	21	CuOHCl, Ca(H ₂ PO ₄) ₂ , Rb ₂ SO ₄
7	Fe(NO ₃) ₃ , SnOHNO ₃ , NaHTe	22	Ba(HSe) ₂ , ZnCl ₂ , (NH ₄) ₂ SO ₄
8	Mn(NO ₃) ₂ , Bi(OH) ₂ Cl, KHS	23	FeCl ₂ , Al(NO ₃) ₃ , (MnOH) ₂ SO ₄
9	ZnCl ₂ , MnOHCl, Ba(HSO ₃) ₂	24	FeCl ₃ , NH ₄ HSO ₃ , (CoOH) ₂ SO ₄
10	KHSO ₃ , (PbOH) ₂ SO ₄ , CrBr ₃	25	Fe ₂ (SO ₄) ₃ , RbHCO ₃ , FeOHSO ₄
11	AlOHBr ₂ , Sr(HS) ₂ , K ₂ SO ₃	26	BeCl ₂ , Ca(HCO ₃) ₂ , CoOHCl
12	FeCl ₂ , NaH ₂ AsO ₄ , KCrO ₂	27	NH ₄ Cl, NH ₄ HSO ₃ , FeOHCl
13	Cu(NO ₃) ₂ , CoOHCl, NaHS	28	(NH ₄) ₂ CO ₃ , K ₂ HAsO ₃ , BiCl ₃
14	CrOHSO ₄ , SrBr ₂ , CsHSO ₃	29	NH ₄ H ₂ AsO ₃ , ZnOHCl, BaSO ₄
15	NaHSe, NiOHNO ₃ , ZnSO ₄	30	Be(NO ₃) ₂ , K ₂ SnO ₂ , BiOHCl ₂

Задание 2. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций для следующих превращений:

1. $\text{Ni}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{NiOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NiSO}_4 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$
2. $\text{CuSO}_4 \rightarrow (\text{CuOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CuOHNO}_3$
3. $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \rightarrow \text{BiOH}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{Bi}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Bi}_2\text{O}_3$
4. $\text{Co}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CoOHCl} \rightarrow \text{CoCl}_2 \rightarrow \text{Co}(\text{NO}_3)_2$
5. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbOHNO}_3 \rightarrow \text{Pb}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{K}_2\text{PbO}_2$
6. $\text{NiCl}_2 \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{NiOHCl} \rightarrow \text{NiCl}_2$
7. $\text{CrOHCl}_2 \rightarrow \text{CrCl}_3 \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{CrOHSO}_4$
8. $(\text{SnOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{SnSO}_4 \rightarrow \text{Sn}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SnO}_2$

9. $\text{NiBr}_2 \rightarrow \text{NiOHBr} \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{NiSO}_4$
10. $\text{CoSO}_4 \rightarrow \text{Co(OH)}_2 \rightarrow (\text{CoOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Co(NO}_3)_2$
11. $(\text{Cr(OH)}_2)_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CrOHSO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{CrCl}_3$
12. $\text{NiSO}_4 \rightarrow (\text{NiOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{NiBr}_2$
13. $\text{FeOHSO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{FeCl}_3$
14. $\text{NiBr}_2 \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 \rightarrow \text{NiOHCl} \rightarrow \text{NiCl}_2$
15. $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_2\text{Cl} \rightarrow \text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al(NO}_3)_3$
16. $\text{Sn(OH)}_2 \rightarrow \text{SnOHCl} \rightarrow \text{K}_2\text{SnO}_2 \rightarrow \text{Sn(OH)}_2$
17. $\text{CoCl}_2 \rightarrow \text{Co(OH)}_2 \rightarrow (\text{CuOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CoSO}_4$
18. $\text{Bi(OH)}_3 \rightarrow \text{Bi(OH)}_2\text{NO}_3 \rightarrow \text{Bi(OH)}_3 \rightarrow \text{Bi}_2\text{O}_3$
19. $\text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{CuOHCl} \rightarrow \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{Cu(NO}_3)_2$
20. $\text{CoSO}_4 \rightarrow (\text{CoOH})_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Co(OH)}_2 \rightarrow \text{Co(NO}_3)_2$
21. $\text{Ni(NO}_3)_2 \rightarrow \text{NiOHNO}_3 \rightarrow \text{Ni(OH)}_2 \rightarrow (\text{NiOH})_2\text{SO}_4$
22. $\text{Bi(OH)}_2\text{NO}_3 \rightarrow \text{Bi(NO}_3)_3 \rightarrow \text{Bi(OH)}_3 \rightarrow \text{Bi(NO}_3)_3$
23. $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \rightarrow \text{CrOHSO}_4 \rightarrow \text{Cr(OH)}_3 \rightarrow \text{K}_3\text{CrO}_3$
24. $\text{SnCl}_2 \rightarrow \text{SnOHCl} \rightarrow \text{Na}_2\text{SnO}_2 \rightarrow \text{Sn(OH)}_2$
25. $\text{Pb(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Pb(OH)NO}_3 \rightarrow \text{Pb(OH)}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{PbO}_2$
26. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3$
27. $\text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al(OH)}_2\text{Cl} \rightarrow \text{Al(NO}_3)_3$
28. $\text{MgO} \rightarrow \text{Mg(NO}_3)_2 \rightarrow \text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{MgCl}_2$
29. $\text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{NaHS} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$
30. $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{KHSO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$

Задание 3. По заданным ионным уравнениям напишите соответствующие молекулярные:

Номер варианта	Задание 3	Номер варианта	Задание 3
1	$\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} = \text{CaSO}_3$	16	$\text{S}^{2-} + \text{H}^+ = \text{HS}^-$
2	$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$	17	$\text{Cd}^{2+} + \text{Br}^- + \text{OH}^- = \text{CdOHBr}$

Номер варианта	Задание 3	Номер варианта	Задание 3
3	$\text{Co}^{2+} + \text{OH}^- + \text{Cl}^- = \text{CoOHCl}$	18	$\text{Zn}^{2+} + 4\text{OH}^- = \text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$
4	$\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al(OH)}_3$	19	$\text{Bi}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Bi(OH)}_3$
5	$\text{HSO}_3^- + \text{OH}^- = \text{SO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	20	$\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS}$
6	$\text{Ag}^+ + \text{Br}^- = \text{AgBr}$	21	$\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{HCO}_3^-$
7	$\text{Co}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CoS}$	22	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe(OH)}_2$
8	$\text{Be}^{2+} + 4\text{OH}^- = \text{BeO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	23	$2\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{OH}^- = (\text{CuOH})_2\text{SO}_4$
9	$2\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{SO}_3$	24	$\text{Al}^{3+} + \text{PO}_4^{3-} = \text{AlPO}_4$
10	$\text{Ni}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{OH}^- = \text{NiOHCl}$	25	$2\text{I}^- + \text{Pb}^{2+} = \text{PbI}_2$
11	$3\text{Cu}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$	26	$3\text{Ca}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
12	$\text{Fe}^{3+} + 2\text{NO}_3^- + \text{OH}^- = \text{FeOH(NO}_3)_2$	27	$\text{Co}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CoCO}_3$
13	$\text{Sr}^{2+} + \text{SiO}_3^{2-} = \text{SrSiO}_3$	28	$\text{Fe}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{FeS}$
14	$\text{CuO} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{Cu}^{2+}$	29	$\text{FeO} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{O} + \text{Fe}^{2+}$
15	$\text{Mg}^{2+} + \text{SO}_3^{2-} = \text{MgSO}_3$	30	$\text{Zn}^{2+} + \text{NO}_3^- + \text{OH}^- = \text{ZnOHNO}_3$

4.2. Гидролиз солей

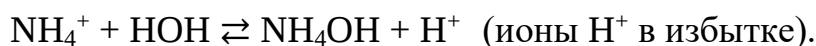
Примеры решения задач и оформления задания к подразделу 4.2

Задание 1. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения гидролиза солей, укажите значения pH растворов этих солей (больше или меньше 7).

Пример 1. Написать гидролиз солей, образованных сильной кислотой и слабым основанием, например, NH_4NO_3 :



Гидролизу подвергается катион слабого основания NH_4^+ :



Молекулярное уравнение:



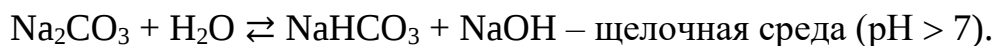
Пример 2. Написать гидролиз солей, образованных слабой кислотой и сильным основанием, например, Na_2CO_3 :



Гидролизу подвергается анион слабой кислоты CO_3^{2-} :



Молекулярное уравнение 1-й ступени:



Задание 3. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций совместного гидролиза солей.

Решение. Совместный гидролиз двух солей, например,



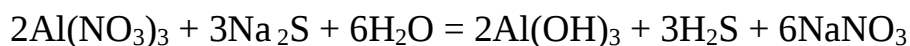
протекает необратимо с образованием слабого основания и слабой кислоты:

Итоговое ионное уравнение:



т. к. образуются 2 слабых электролита.

Молекулярное уравнение:



Задания к подразделу 4.2

Задание 1. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения гидролиза солей, укажите значения pH растворов этих солей (больше или меньше 7).

Задание 2. Напишите в молекулярной и ионной формах уравнения реакций совместного гидролиза солей.

Номер варианта	Задание 1	Задание 2
1	$\text{NaNO}_2, \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2	$\text{AlCl}_3, \text{NaHCO}_3$	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
3	$\text{Na}_3\text{PO}_4, \text{ZnCl}_2$	$\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
4	$\text{FeCl}_2, \text{K}_2\text{S}$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
5	$\text{K}_2\text{SO}_3, \text{ZnSO}_4$	$\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$
6	$\text{NH}_4\text{Cl}, \text{KClO}$	$\text{Na}_2\text{S} + \text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$
7	$\text{Na}_2\text{Se}, \text{MnCl}_2$	$\text{FeCl}_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
8	$\text{ZnSO}_4, \text{BaS}$	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
9	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2, \text{KNO}_2$	$\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{AlBr}_3 + \text{H}_2\text{O}$
10	$\text{NH}_4\text{Br}, \text{Na}_2\text{S}$	$\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
11	$\text{Na}_2\text{HPO}_4, \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{CrCl}_3 + \text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
12	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, \text{Na}_2\text{SeO}_3$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$
13	$\text{CuSO}_4, \text{K}_3\text{PO}_4$	$\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{Bi}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$
14	$\text{Na}_2\text{SO}_3, \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$
15	$\text{NaCN}, \text{FeSO}_4$	$\text{Be}(\text{NO}_3)_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
16	$\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2, \text{CoSO}_4$	$\text{AlCl}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
17	$\text{NiSO}_4, \text{NaF}$	$\text{SnCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
18	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2, \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$
19	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3, \text{NaCH}_3\text{COO}$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
20	$\text{KHS}, \text{MgSO}_4$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
21	$\text{CdCl}_2, \text{NaClO}$	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
22	$\text{Cr}(\text{NO}_3)_3, \text{K}_2\text{CO}_3$	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
23	$\text{KHSO}_3, \text{MnSO}_4$	$\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{CrCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$
24	$\text{Li}_2\text{S}, \text{CrCl}_3$	$\text{AlBr}_3 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
25	$\text{SrS}, \text{SnBr}_2$	$\text{BeCl}_2 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
26	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{CuBr}_2$	$\text{BeCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
27	$\text{Li}_2\text{SO}_3, \text{AlCl}_3$	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
28	$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2, \text{K}_3\text{PO}_4$	$\text{Na}_2\text{S} + \text{Al}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$
29	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{RbHSO}_3$	$\text{SnCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
30	SnSO_4, KF	$\text{SnCl}_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

5. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ

5.1. Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)

Примеры решения задач и оформления задания к подразделу 5.1

Задание 1. Рассчитайте и укажите степень окисления (С.О.) атомов подчеркнутых элементов в предложенных частицах. Объясните, какую роль могут выполнять указанные частицы в окислительно-восстановительных реакциях: только окислитель (Ох), только восстановитель (Red), окислитель и восстановитель (Ох и Red).

Пример 1. MnO₂, NO₃⁻, Cu, H₂S

Решение. MnO₂ $x + 2 \cdot (-2) = 0$ С.О. = +4

Марганец – металл VII группы, высшая степень окисления его +7, а низшая – 0; в данном соединении марганец содержится в промежуточной степени окисления, в окислительно-восстановительных реакциях данная частица может быть и окислителем, и восстановителем (Ох и Red):

NO₃⁻ $x + 3 \cdot (-2) = -1$ С.О. = +5.

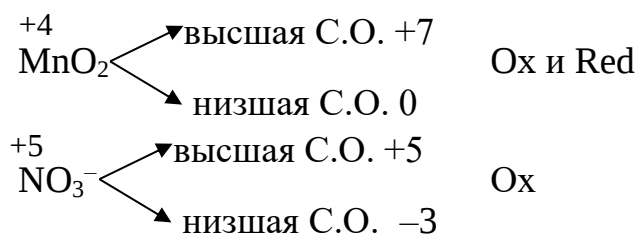
Азот элемент V группы, высшая степень окисления +5, NO₃⁻ в окислительно-восстановительных реакциях может быть только окислителем (Ох):

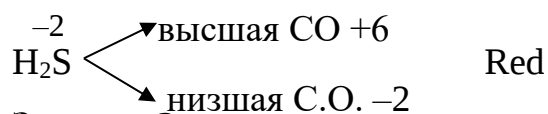
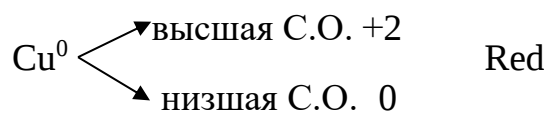
Cu С.О. = 0.

Медь – металл, в свободном состоянии проявляет низшую степень окисления 0, может быть только восстановителем (Red).

H₂S С.О. = -2.

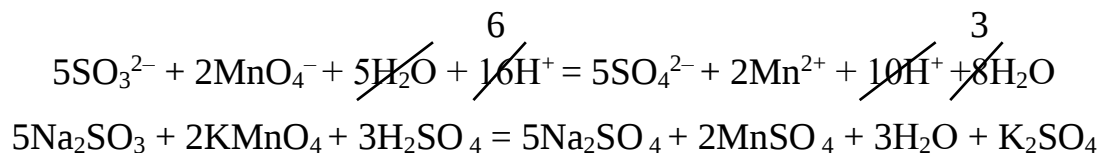
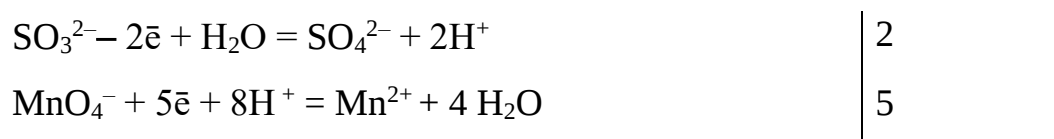
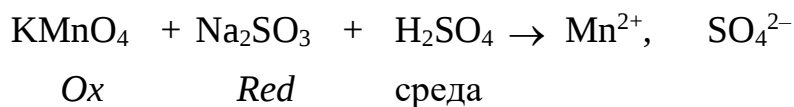
Сера – неметалл VI группы, высшая степень окисления + 6, низшая степень окисления серы 6 – 8 = - 2, в окислительно-восстановительных реакциях H₂S может быть только восстановителем (Red).



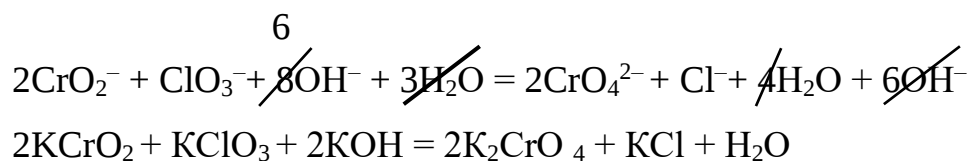
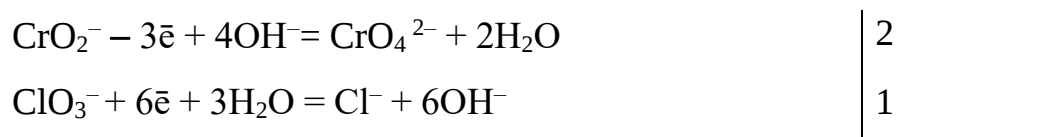
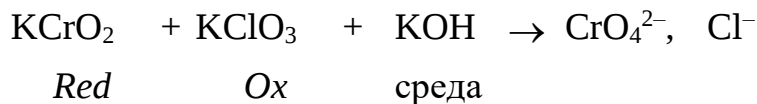


Задание 2.

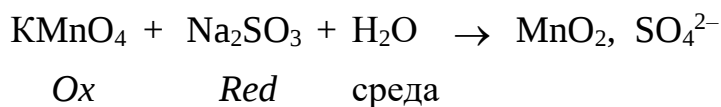
Пример 2. Среда кислая

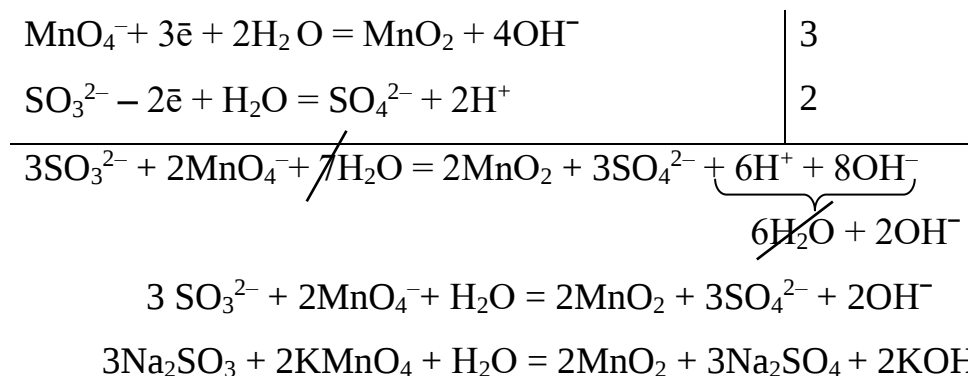


Пример 3. Среда щелочная



Пример 4. Среда нейтральная





Задания к подразделу 5.1

Задание 1. Рассчитайте и укажите степень окисления атомов элементов для предложенных частиц. Объясните, какую роль могут выполнять указанные частицы в окислительно-восстановительных реакциях: *только* окислитель (**Ox**), *только* восстановитель (**Red**), окислитель и восстановитель (**Ox и Red**).

Номер варианта	Задание 1	Номер варианта	Задание 1
1	CrO_3^{3-} , MnO_2 , PbO_2 , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	5	ClO_4^- , Cl^- , CrO_2^- , F_2
2	Fe , AlO_2^- , N_2O , NO_3^-	6	Ca , NO_3^- , BrO^- , NO_2^-
3	Fe_2O_3 , MnO_4^- , Br^- , CrO_4^{2-}	7	SO_4^{2-} , CO , H_2S , MnO_4^{2-}
4	CO_2 , ClO^- , MnO_4^{2-} , Cl^-	8	CO_2 , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, BrO^- , SeO_4^{2-}
9	NO_3^- , NO , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, SO_3^{2-}	20	SeO_3^{2-} , AlO_2^- , Br^- , ClO_3^-
10	BrO^- , Br^- , Cd^{2+} , CrO_4^{2-}	21	PbO_2^{2-} , NO_2^- , H_2O , CrO_4^{2-}
11	Cl_2 , Cl^- , CrO_4^{2-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$	22	J^- , ClO_3^- , Mg , TiO_2^+
12	TiO^{2+} , ClO^- , MnO_2 , MnO_4^-	23	SO_3^{2-} , PbO_3^{2-} , NO_3^- , NH_3
13	MnO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , ClO_3^-	24	N_2H_4 , Cr_2O_3 , CrO_4^{2-} , NO_2
14	NH_2OH , VO^{2+} , Ni , CrO_4^{2-}	25	NH_2OH , N_2 , AsO_2^- , F^-
15	H_2S , Cl_2 , SO_4^{2-} , VO_3^-	26	N_2O , XeO_4 , NO , AsO_4^{3-}

Номер варианта	Задание 1	Номер варианта	Задание 1
16	SO_3^{2-} , NO_2 , ClO_4^- , Br^-	27	VO_3^- , MnO , SnO_2 , Ba
17	CrO_2^- , ReO_4^- , PbO_2 , CrO_4^{2-}	28	JO_4^- , Cr^{3+} , MnO_2 , Fe_2O_3
18.	SO_4^{2-} , MnO_2 , NO_2 , Cu	29	Br_2 , FeO , SbO_2^- , P_2O_5
19	NO_2^- , Cl_2 , Mn^{2+} , ClO^-	30	PO_4^{3-} , O_3 , SbO_4^{3-} , PH_3

Задание 2. Составьте ионно-электронную схему и молекулярное уравнение реакции. Укажите окислитель и восстановитель.

Номер варианта	Реакция
1	$\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2, \text{J}_2$
2	$\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}, \text{NO}_2^-$
3	$\text{MnO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}, \text{NO}_2^-$
4	$\text{KMnO}_4 + \text{KI} + \text{NaOH} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}, \text{IO}_3^-$
5	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}^{3+}, \text{Cr}^{3+}$
6	$\text{KMnO}_4 + \text{V}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2, \text{VO}^{2+}$
7	$\text{Na}_2\text{MnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{MnO}_2, \text{SO}_4^{2-}$
8	$\text{MnSO}_4 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{MnO}_2, \text{Pb}^{2+}$
9	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaClO} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}, \text{Cl}^-$
10	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{NaBiO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{MnO}_4^-, \text{Bi}^{3+}$
11	$\text{SnSO}_4 + \text{Ag}_2\text{O}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{SnO}_3^{2-}, \text{AgO}$
12	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}^{3+}, \text{S}$
13	$\text{FeCl}_3 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{FeO}_4^{2-}, \text{Cl}^-$
14	$\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_3, \text{Cl}^-$
15	$\text{Co}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{Co}^{2+}, \text{Cl}_2$
16	$\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}$
17	$\text{HCl} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cl}_2, \text{NO}$
18	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{KNO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{FeO}_4^{2-}, \text{NO}_2^-$
19	$\text{H}_2\text{S} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}, \text{Cl}^-$
20	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}^{2+}, \text{S}$
21	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cr}^{3+}, \text{Cl}_2$
22	$\text{KCrO}_2 + \text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}, \text{Cl}^-$
23	$\text{NaNO}_3 + \text{Zn} + \text{NaOH} \rightarrow \text{ZnO}_2^{2-}, \text{NH}_3$
24	$\text{SO}_2 + \text{NaIO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}, \text{I}^-$
25	$\text{FeCl}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{2+}$

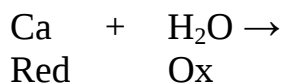
Номер варианта	Реакция
26	$\text{FeCl}_2 + \text{HNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{Fe}^{3+}, \text{N}_2\text{O}$
27	$\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}, \text{Cl}^-$
28	$\text{KCrO}_2 + \text{KClO} + \text{KOH} \rightarrow \text{Cl}^-, \text{CrO}_4^{2-}$
29	$\text{KMnO}_4 + \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{MnO}_4^{2-}, \text{SO}_4^{2-}$
30	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{SnCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Sn}^{4+}, \text{Cr}^{3+}$

5.3. Взаимодействие металлов с водой, растворами кислот и щелочей

Примеры решения задач и оформления задания к подразделу 5.3

Задание. Используя потенциалы (см. таблицу «Окислительно-восстановительные потенциалы водорода, кислорода и некоторых металлов в разных средах»), допишите уравнения реакций (по две для каждого варианта) и составьте к ним электронно-ионные схемы. Для реакций металлов с H_2SO_4 концентрированной и HNO_3 значение потенциала окислителя примите равным более 1 В. Оцените практическую устойчивость металлов в данной среде.

Пример 1.

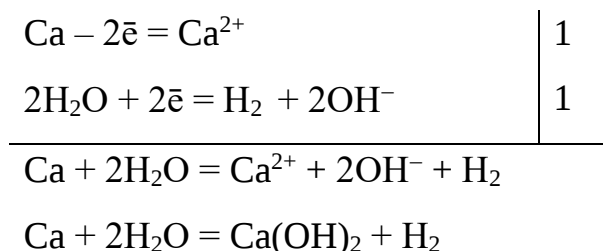


Ca – восстановитель, $E_{\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}} = -2,84 \text{ В}$;

H_2O – окислитель, $E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} = -0,41 \text{ В}$.

$E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} > E_{\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}}$ – реакция теоретически возможна.

Электронно-ионная схема, ионное и молекулярное уравнения:



$\text{Ca}(\text{OH})_2$ – малорастворимое соединение, Ca в воде разрушается.

Пример 2.



Cu – вероятный восстановитель, $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,34 \text{ В}$;

H^+ – вероятный окислитель, $= 0 \text{ В}$;

$E_{2\text{H}^+/\text{H}_2} < E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}$ – реакция невозможна.

Медные изделия в разбавленных растворах H_2SO_4 не разрушаются.

Пример 3



Cu – восстановитель, $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0,36 \text{ В}$;

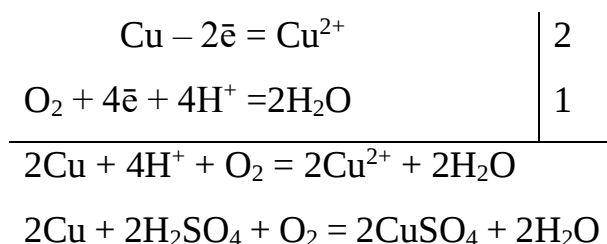
H^+ и O_2 – возможные окислители,

$E_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = 0 \text{ В}$; $E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}} = +1,22 \text{ В}$

$E_{2\text{H}^+/\text{H}_2} < E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}}$. Следовательно, O_2 – окислитель.

$E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}} > E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}$ – реакция возможна.

Электронно-ионная схема, ионное и молекулярное уравнения:



CuSO_4 – хорошо растворимое соединение, Cu в данной среде разрушается.

Пример 4.

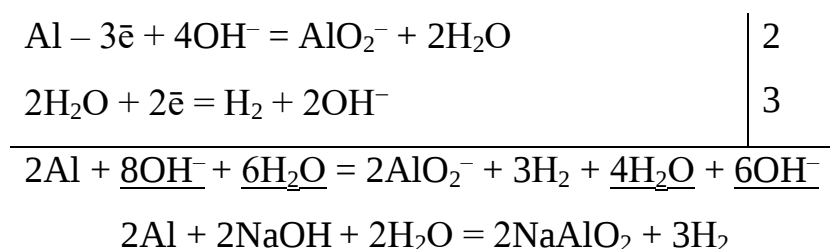


Al – восстановитель, $E_{\text{AlO}_2^-/\text{Al}} = -2,36 \text{ В}$;

H_2O – окислитель, $E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} = -0,41 \text{ В}$.

$E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} > E_{\text{AlO}_2^-/\text{Al}}$ – реакция возможна.

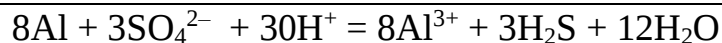
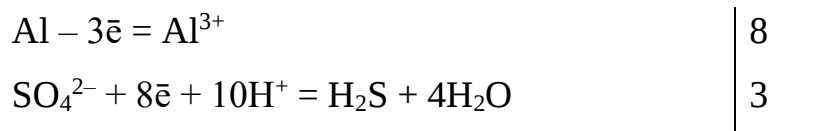
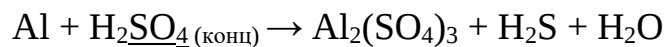
Электронно-ионная схема, ионное и молекулярное уравнения:



NaAlO_2 – соединение хорошо растворимое, как большинство всех солей

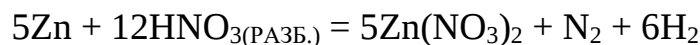
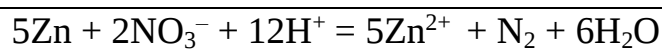
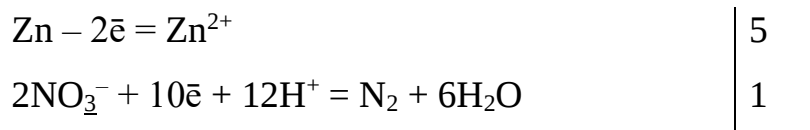
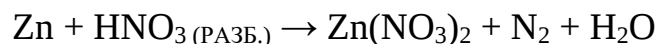
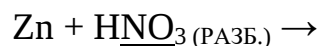
щелочных металлов. Al в щелочной среде неустойчив.

Пример 5.



В концентрированной H_2SO_4 алюминий разрушается.

Пример 6.



В разбавленных растворах HNO_3 цинк разрушается

Задания к подразделу 5.3

Используя потенциалы, допишите уравнения реакций и составьте к ним электронно-ионные схемы. Оцените практическую устойчивость металлов в данной среде.

Номер варианта	Задание	Номер варианта	Задание
1	$\text{Al} + \text{HCl}$ $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) + \text{Cu}$	16	$\text{Sn} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) + \text{Bi}$
2	$\text{Al} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) + \text{Sn}$	17	$\text{Co} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) + \text{Co}$
3	$\text{Al} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) + \text{Zn}$	18	$\text{Sn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{конц.}) + \text{Be}$

Номер варианта	Задание	Номер варианта	Задание
4	$\text{Al} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HNO}_3(\text{разб.}) + \text{Be}$	19	$\text{Ni} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{разб.} + \text{Pb}$
5	$\text{Al} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HNO}_3(\text{разб.}) + \text{Cd}$	20	$\text{Pb} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{разб.} + \text{Cr}$
6	$\text{Cu} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3(\text{разб.}) + \text{Mg}$	21	$\text{Cr} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.}, t^\circ + \text{Al}$
7	$\text{Cu} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{конц.} + \text{Ba}$	22	$\text{Pb} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{разб.} + \text{Bi}$
8	$\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{конц.} + \text{Pb}$	23	$\text{Bi} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{конц.}, t^\circ + \text{Ni}$
9	$\text{Cr} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HNO}_3\text{разб.} + \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$	24	$\text{Cr} + \text{HCl}$ $\text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.} + \text{Mg}$
10	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.}, t^\circ + \text{Al} \rightarrow$	25	$\text{Al} + \text{HCl}$ $\text{Zn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$
11	$\text{Zn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.}, t^\circ + \text{Ni} \rightarrow$	26	$\text{Ti} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.}, t^\circ$ $\text{Cd} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
12	$\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{разб.} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{конц.}, t^\circ + \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$	27	$\text{Ti} + \text{HNO}_3\text{разб.}$ $\text{Cd} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O}$
13	$\text{Cr} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{HNO}_3\text{разб.} + \text{Cu}$	28	$\text{Cd} + \text{HCl} + \text{O}_2$ $\text{Be} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.}$
14	$\text{Zn} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.}, t^\circ + \text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$	29	$\text{Fe} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{Ag} + \text{HNO}_3 \text{ конц.}$
15	$\text{Cr} + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{HNO}_3\text{разб.} + \text{Sn}$	30	$\text{Ni} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$ $\text{Mn} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{конц.}$

5.4. Коррозия металлов

Примеры решения задач и оформления задания к подразделам 5.4

Задание. Используя потенциалы (см. таблицу «Окислительно-восстановительные потенциалы водорода, кислорода и некоторых металлов в разных средах»), определите анод и катод гальванопары, напишите уравнения анодного и катодного процессов, молекулярное уравнение коррозии, укажите направление движения электронов, рассчитайте ЭДС.

Пример 1.

Гальванопара Al/Fe в H₂O в присутствии O₂:

Al / H₂O, O₂ / Fe

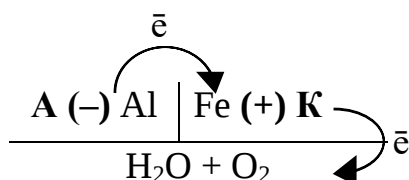
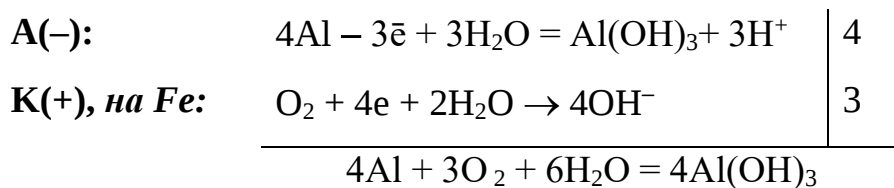
$$E_{\text{Fe}(\text{OH})_2/\text{Fe}} = -0,46 \text{ В}; \quad E_{\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Al}} = -1,88 \text{ В};$$

$$E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} = -0,41 \text{ В}; \quad E_{\text{O}_2/4\text{OH}^-} = +0,81 \text{ В}.$$

Al – анод (–), восстановитель, разрушается;

Fe – катод (+), проводник электронов, не разрушается;

O₂ – окислитель.



$$\text{ЭДС} = E_{\text{O}_2/4\text{OH}^-} - E_{\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Al}} = +0,81 - (-1,88) = +2,69 \text{ В}.$$

Пример 2. Ускоренная коррозия луженого железа с поврежденным слоем

олова на воздухе в кислой среде:

Fe / H₂O, O₂, H⁺ / Sn

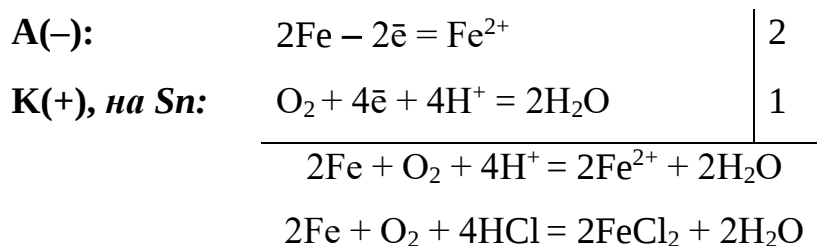
$$E_{\text{Fe}(\text{OH})_2/\text{Fe}} = -0,44 \text{ В}; \quad E_{\text{Sn}(\text{OH})_2/\text{Sn}} = -0,14 \text{ В};$$

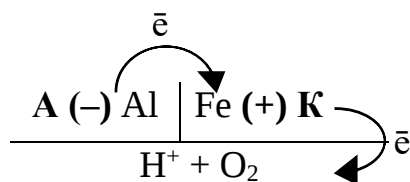
$$E_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,00 \text{ В}; \quad E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}} = +1,22 \text{ В}.$$

Fe – анод (–), восстановитель, разрушается;

Sn – катод (+), проводник электронов, не разрушается;

O₂ – окислитель.





$$\text{ЭДС} = E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}} - E_{\text{Fe(OH)}_2/\text{Fe}} = +1,22 - (-0,44) = +1,66 \text{ В.}$$

Пример 3.

Рассмотреть коррозию детали из железа и алюминия в щелочной среде (KOH), если растворенный кислород отсутствует.

Гальванопара Al/Fe в щелочной среде (KOH) в отсутствии O_2 :

Al / KOH, H_2O / Fe

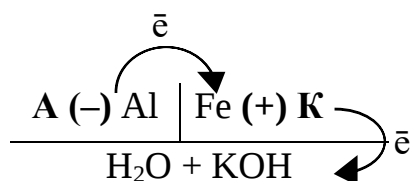
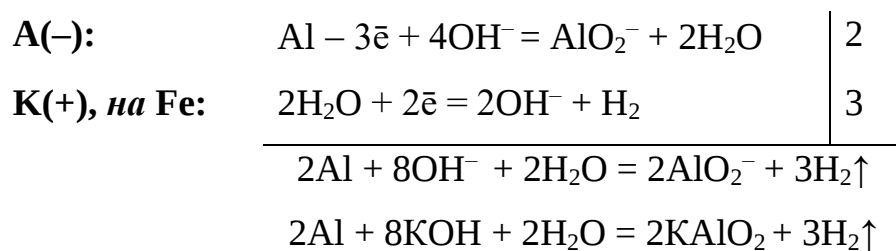
$$E_{\text{Fe(OH)}_2/\text{Fe}} = -0,87 \text{ В;} \quad E_{\text{AlO}_2^-/\text{Al}} = -2,36 \text{ В;}$$

$$E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} = -0,83 \text{ В}$$

Al – анод (–), восстановитель, разрушается;

Fe – катод (+), проводник электронов, не разрушается;

H_2O – окислитель.



$$\text{ЭДС} = E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} - E_{\text{AlO}_2^-/\text{Al}} = -0,83 - (-2,36) = +1,53 \text{ В.}$$

Задания к подразделам 5.4

Задание. Используя потенциалы (см. таблицу «Окислительно-восстановительные потенциалы водорода, кислорода и некоторых металлов в разных средах»), определите анод и катод гальванопары, напишите уравнения

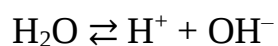
анодного и катодного процессов, молекулярное уравнение коррозии, укажите направление движения электронов, рассчитайте ЭДС.

Коррозионная среда					
H ₂ O + O ₂		NaOH + H ₂ O		H ₂ O	
Номер варианта	Гальвано-пара	Номер варианта	Гальвано-пара	Номер варианта	Гальвано-пара
1	Zn/Sn	2	Al/Cu	3	Pb/Sn
4	Pb/Zn	5	Cu/Zn	6	Fe/Mg
7	Fe/Zn	8	Zn/Fe	9	Ni/Zn
10	Fe/Cu	11	Fe/Cr	12	Cu/Pb
13	Fe/Ni	14	Co/Al	15	Zn/Sn
16	Zn/Cu	17	Cr/Ni	18	Mg/Cd
19	Pb/Fe	20	Al/Fe	21	Cr/Bi
22	Bi/Ni	23	Zn/Al	24	Co/Mg
25	Mg/Fe	26	Cr/Bi	27	Mg/Fe
28	Ni/Mg	29	Co/Cu	30	Sn/Bi

5.5. Электролиз растворов

Примеры решения задач и оформления задания к подразделу 5.5

Пример 1. Электролиз водного раствора сульфата калия с инертными электродами:

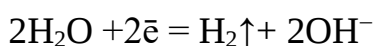


(–) Катод: K⁺, H₂O

$$E_{K^+/K}^0 = -2,92 \text{ В}; E_{2H_2O/H_2} \approx -1 \text{ В}$$

Так как $E_{2H_2O/H_2} > E_{K^+/K}^0$,

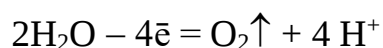
происходит восстановление воды:



Среда щелочная pH > 7.

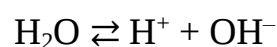
(+) Анод: SO₄²⁻, H₂O

SO₄²⁻-ионы не разряжаются, т.к. сера находится в высшей степени окисления. $E_{O_2/2H_2O} \approx +1,8 \text{ В}$.



Среда кислая pH < 7.

Пример 2. Электролиз водного раствора хлорида олова с инертными электродами:



(–) Катод: Sn²⁺, H₂O

(+) Анод: Cl⁻, H₂O

$E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^0 = -0,14 \text{ В};$	$E_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-}^0 = +1,36 \text{ В};$
$E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} \approx -1 \text{ В}$	$E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}} \approx +1,8 \text{ В}$
Так как $E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} < E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^0$, идет	Так как $E_{\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-}^0 < E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}}$, идет
процесс восстановления ионов олова:	процесс окисления ионов Cl^- :
$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Sn}$	$2\text{Cl}^- - 2\bar{e} = \text{Cl}_2\uparrow.$

Рассчитать массу олова и объем хлора при нормальных условиях, выделившихся при электролизе раствора хлорида олова с инертными электродами в течение 1 часа при силе тока 4 А.

$$m_{\text{Sn}} = 118,7 \cdot \frac{4 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 60}{2 \cdot 96500} = 8,86 \text{ г}$$

$$V_{\text{Cl}_2} = 22,4 \cdot \frac{4 \cdot 1 \cdot 60 \cdot 60}{2 \cdot 96500} = 1,67 \text{ л.}$$

Пример 3. Электролиз сульфата меди с медным анодом:

$\text{CuSO}_4 = \text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-};$	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$
(-) Катод: $\text{Cu}^{2+}, \text{H}_2\text{O}$	(+) Анод, $\text{Cu}^0: \text{SO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{O}$
$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34 \text{ В};$	$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34 \text{ В};$
$E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2} \approx -1 \text{ В}$	$E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}} \approx +1,8 \text{ В}$
Так как $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 > E_{2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2}$,	SO_4^{2-} -ионы не разряжаются.
происходит восстановление ионов	Так как $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 < E_{\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}}$,
меди:	Анод растворяется:
$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Cu}$	$\text{Cu}^0 - 2\bar{e} = \text{Cu}^{2+}$

Задания к подразделу 5.5

Задание. Рассмотрите катодные и анодные процессы при электролизе водных растворов веществ с инертными электродами. Значения электродных потенциалов металлов приведены в таблице «Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы для некоторых металлов и некоторых систем». Рассчитайте массу или объем (при нормальных условиях для газов) продуктов,

выделяющихся на электродах при пропускании через раствор в течение 1 часа тока силой 1 А.

Номер варианта	Вещество	Номер варианта	Вещество	Номер варианта	Вещество
1	LiBr	11	Al ₂ (SO ₄) ₃	21	NaOH
2	K ₃ PO ₄	12	Ca(NO ₃) ₂	22	ZnSO ₄
3	Ba(NO ₃) ₂	13	K ₂ SO ₄	23	Na ₂ CO ₃
4	CuCl ₂ (<i>Cu анод</i>)	14	KMnO ₄	24	Ba(NO ₂) ₂
5	FeBr ₂	15	ZnCl ₂	25	MgCl ₂
6	K ₂ CO ₃	16	NiSO ₄	26	CoBr ₂
7	CoCl ₂	17	BeSO ₄	27	NiSO ₄ (<i>Ni анод</i>)
8	AgNO ₃	18	Mg(NO ₃) ₂	28	NaNO ₂
9	BaCl ₂	19	KOH	29	KI
10	Bi(NO ₃) ₃	20	CaI ₂	30	NaCl

4. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Периоды	Ряды	ГРУППЫ ЭЛЕМЕНТОВ															
		а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б	а VI б	а VII б	VIII		б						
1	1	H 1,00794 водород								He 4,002602 гелий							
2	2	Li 6,941 литий	Be 9,012182 бериллий	B 10,811 бор	C 12,0107 углерод	N 14,0067 азот	O 15,9994 кислород	F 18,998403 фтор	Ne 20,179 неон								
3	3	Na 22,98977 натрий	Mg 24,305 магний	Al 26,98154 алюминий	Si 28,0855 углерод	P 30,97376 фосфор	S 32,066 сера	Cl 35,453 хлор	Ar 39,948 аргон								
4	4	K 39,0983 калий	Ca 40,078 кальций	Sc 44,95591 скандий	Ti 47,88 титан	V 50,9415 ванадий	Cr 51,9961 хром	Mn 54,938 марганец	Fe 55,847 железо	Co 58,9332 кобальт	Ni 58,69 никель						
	5	Cu 63,546 медь	Zn 65,39 цинк	Ga 69,723 галлий	Ge 72,59 германий	As 74,9216 мышьяк	Se 78,96 селен	Br 79,904 бром	Kr 83,8 криптон								
5	6	Rb 85,4678 рубидий	Sr 87,62 стронций	Y 88,9059 иттрий	Zr 91,224 цирконий	Nb 92,9064 ниобий	Mo 95,94 молибден	Tc 97,9072 технеций	Ru 101,07 рутений	Rh 102,9055 родий	Pd 106,42 палладий						
	7	Ag 107,8682 серебро	Cd 112,41 кадмий	In 114,82 индий	Sn 118,71 олово	Sb 121,75 сурьма	Te 127,6 теллур	I 126,9045 йод	Xe 131,29 ксенон								
6	8	Cs 132,9054 цезий	Ba 137,33 барий	La 138,9055 лантан	Hf 178,49 гафний	Ta 180,948 тантал	W 183,85 вольфрам	Re 186,207 рений	Os 190,2 осмий	Ir 192,22 иридий	Pt 195,08 платина						
	9	Au 196,9665 золото	Hg 200,59 ртуть	Tl 204,383 таллий	Pb 207,2 свинец	Bi 208,9804 висмут	Po 209,9871 полоний	At 210,9871 астат	Rn 222,0176 радон								
7	10	Fr 223,0197 франций	Ra 226,0254 радий	Ac 227,0278 актиний	Rf 261 резерфордий	Db 268 дубний	Sg 269 сигборгий	Bh 269 борий	Hs 277 хассий	Mt 276 мейтерий	Ds 281 дармштадтий						
	11	Rg [286] рентгений	Cn [285] коперниций	Nh [286] нихоний	Fl [289] флеровий	Mc [290] московий	Lv [293] ливерморий	Ts [294] теннесси	Og [294] оганесон								
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		R ₂ O	RO	R ₂ O ₃	RO ₂	R ₂ O ₅	RO ₃	R ₂ O ₇	RO ₄								
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					RH ₄	RH ₃	RH ₂	RH									

Таблица растворимости

КАТИОНЫ	АНИОНЫ														
	OH ⁻	F ⁻	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	CO ₃ ²⁻	CH ₃ COO ⁻	CN ⁻	SiO ₃ ²⁻
H ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H
Li ⁺	P	M	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
K ⁺ , Na ⁺	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NH ₄ ⁺	P	P	P	P	P	-	P	P	P	P	-	P	P	P	-
Mg ²⁺ , Cd ²⁺	H	H	P	P	P	H	M	P	P	P	H	H	P	P	H
Ca ²⁺	M	H	P	P	P	-	M	M	P	P	H	H	P	P	H
Ba ²⁺	P	M	P	P	P	P	M	H	P	P	H	H	P	P	H
Sr ²⁺	M	M	P	P	P	P	H	H	P	P	H	H	P	P	H
Al ³⁺	H	P	P	P	P	-	-	P	P	-	H	-	-	-	-
Cr ³⁺	H	H	P	P	-	-	-	P	P	-	H	-	P	H	-
Fe ²⁺	H	H	P	P	P	H	M	P	P	-	H	-	P	H	H
Fe ³⁺	H	H	P	P	-	-	-	P	P	-	H	-	-	-	-
Ni ²⁺	H	P	P	P	P	H	H	P	P	P	H	H	P	H	-
Co ²⁺	H	H	P	P	P	H	H	P	P	M	H	H	P	H	-
Mn ²⁺	H	M	P	P	P	H	H	P	P	-	H	-	P	H	H
Be ²⁺	H	P	P	P	P	H	M	P	P	-	H	-	P	H	H
Zn ²⁺	H	M	P	P	P	H	M	P	P	-	H	-	P	H	H
Ag ⁺	-	P	H	H	H	H	H	M	P	M	H	H	P	H	-
Hg ²⁺	-	M	P	M	H	H	H	-	P	-	H	-	P	P	-
Hg ₂ ²⁺	-	M	H	H	H	-	H	H	-	-	-	H	M	H	-
Pb ²⁺	H	H	M	M	H	H	H	H	P	-	H	-	P	P	H
Sn ²⁺	H	P	-	P	M	H	-	P	-	-	H	-	-	-	-
Cu ⁺	-	?	H	H	H	H	H	P	P	-	H	-	P	-	-
Cu ²⁺	H	P	P	P	-	H	-	P	P	-	H	-	P	H	-
P – растворимые; M – малорастворимые; H – нерастворимые; "-" – разлагаются водой или не существуют															

Термодинамические константы некоторых веществ

Вещество	ΔG^0_{298} , кДж/моль	ΔH^0_{298} , кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)	Вещество	ΔG^0_{298} , кДж/моль	ΔH^0_{298} , кДж/моль	S^0_{298} , Дж/(моль·К)
Ag(к)	0	0	42,69	Mg(к)	0	0	32,55
Ag ₂ O(к)	-10,82	-30,56	121,81	MgO(к)	-569,4	-601,2	26,94
AgCl	-109,7	-127,07	96,07	MgCO ₃ (к)	-1029	-1096	65,69
AgBr(к)	-94,9	-99,16	107,1	N ₂ (г)	0	0	191,5
AgI(к)	-66,3	-64,2	144,2	NH ₃ (г)	-16,7	-46,9	192,5
Al(к)	0	0	28,31	N ₂ H ₄ (ж)	149,2	50,4	121,3
Al ₂ O ₃ (к)	-1580	-1674	50,94	NH ₄ OH(р)	-254,2	-361,2	165,4
Al(OH) ₃ (к)	-1139,7	-1605,5	85,35	NO(г)	86,7	90,37	210,6
Al ₂ (SO ₄) ₃ (к)		-3434,0	239,2	NOCl(г)	66,37	52,59	263,5
BaO	-528,4	-557,9	70,29	N ₂ O(г)	104,12	82,01	219,83
Ba(OH) ₂ (к)		-946,1	103,8	NO ₂ (г)	51,8	33,50	240,45
BaCO ₃ (к)	-1139	-1202	112,1	N ₂ O ₄ (г)	98,28	9,66	304,3
BaSO ₄ (к)	-352	-1465	131,8	NaCl(к)	-384,9	-410,9	72,8
Br ₂ (г)	3,14	30,92	245,35	NaBr(к)	-347,7	-359,8	83,7
Br ₂ (ж)	0	0	152,3	NaI(к)	-284,5	-287,9	91,2
C(графит)	0	0	5,74	Na ₂ CO ₃ (к)	-1048	-1129	136,0
C(алмаз)	2,866	1,897	2,38	Ni(к)	0	0	29,86
CO(г)	-138,1	-110,5	197,4	NiO(к)	-216,5	-239,5	38,0
CO ₂ (г)	-394,4	-396,3	213,6	O(г)	231,7	249,18	169,95
COCl ₂ (г)	-205,31	-219,5	283,64	O ₂ (г)	0	0	205,0
CH ₄ (г)	-50,6	-74,85	186,19	O ₃ (г)	163,4	142,3	238,8
CCl ₄ (г)	-63,95	-106,7	309,7	PH ₃ (г)	12,5		
CS ₂ (г)	65,06	115,3	237,8	PCl ₃ (г)	-267,98	-287,02	311,71
Ca(к)	0	0	41,62	PCl ₅ (г)	-305,10	-374,89	364,47
CaO(к)	-604,2	-635,1	39,70	Pb(к)	0	0	64,9
Ca(OH) ₂ (к)	-896,7	-986,2	76,98	PbO(к)	-188,5	-217,8	69,45
CaCO ₃ (к)	-1128,8	-1206	92,9	PbO ₂ (к)	-219,0	-276,6	76,74
CaCl ₂ (к)	-750,2	-785,8	113,8	S(к)	0	0	31,92
CaSO ₄ (г)	-1318,3	-1424	106,7	S(г)	-238,31	278,81	167,75
Cl ₂ (г)	0	0	223,0	SO ₂ (г)	-300,4	-296,9	248,1
F ₂ (г)	0	0	202,9	SO ₃ (г)	-370,4	-395,2	256,23
Fe(к)	0	0	27,15	SO ₂ Cl ₂ (р)	-318,17	-363,17	311,17
FeO(к)	-244,3	-263,7	58,79	SiO ₂ (α)	-847,2	853,3	42,09
Fe ₂ O ₃ (к)	-741,5	-821,32	89,96	Sn(к)	0	0	51,55
H ₂ (г)	0	0	130,6	Sb(к)	0	0	45,7
H ₂ O(к)		-291,85	44,1	Sb ₂ S ₃ (к)		-157,7	182,0
H ₂ O(ж)	-237,2	-285,84	70,1	Zn(к)	0	0	41,59
H ₂ O(г)	-228,4	-241,84	188,8	ZnO(к)	-318,2	-349,0	43,5
H ₂ S(г)	-33,3	-20,15	205,64	ZnS(к)	-239,8	-201	57,7
HF(г)	-296,6	-270,7	173,5	SiC(к)	-84,0	-86,4	-8
HCl(г)	-95,27	-92,30	186,7	B ₄ C(к)	-38,3	-38,9	-2
HBr(г)	-53,5	-35,98	198,5	SiF ₄ (г)	1572,6	1614	142
HI(г)	1,3	25,4	206,3	CF ₄ (г)	877,9	922,6	150
HNO ₃ (ж)	-110,4	-173,2	156,16	I ₂ (г)	19,37	62,24	260,6
H ₃ PO ₄ (к)	-1119	-1283,6	176,15	I ₂ (ж)	0	0	116,7
H ₂ SO ₄ (ж)	-690,3	-805,0	156,9				

Названия некоторых кислот и их солей

Кислота		Названия солей
название	формула	
Азотистая	HNO_2	Нитриты
Азотная	HNO_3	Нитраты
Бромоводородная	HBr	Бромиды
Дихромовая	$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Дихроматы
Иодоводородная	HI	Иодиды
Кремниевая	H_2SiO_3	Силикаты
Марганцовая	HMnO_4	Перманганаты
Сероводородная	H_2S	Сульфиды
Сернистая	H_2SO_3	Сульфиты
Серная	H_2SO_4	Сульфаты
Тиосерная	$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Тиосульфаты
Тиоциановодородная	HCNS	Тиоцианаты
Угльная	H_2CO_3	Карбонаты
Уксусная	CH_3COOH	Ацетаты
Фосфорная	H_3PO_4	Фосфаты
Фтороводородная	HF	Фториды
Хлороводородная (соляная)	HCl	Хлориды
Хлорноватистая	HClO	Гипохлориты
Хлористая	HClO_2	Хлориты
Хлорноватая	HClO_3	Хлораты
Хлорная	HClO_4	Перхлораты
Хромовая	H_2CrO_4	Хроматы
Циановодородная	HCN	Цианиды

Константы диссоциации некоторых слабых электролитов (при $t = 25^\circ\text{C}$)

<i>Вещество</i>	<i>K</i>	<i>Вещество</i>	<i>K</i>
HCOOH	$K = 1,8 \cdot 10^{-4}$	H ₃ PO ₄	$K_1 = 7,5 \cdot 10^{-3}$
CH ₃ COOH	$K = 1,8 \cdot 10^{-5}$		$K_2 = 6,3 \cdot 10^{-8}$
HCN	$K = 7,9 \cdot 10^{-10}$		$K_3 = 1,3 \cdot 10^{-12}$
H ₂ CO ₃	$K_1 = 4,4 \cdot 10^{-7}$ $K_2 = 4,8 \cdot 10^{-11}$	HClO	$K = 2,9 \cdot 10^{-8}$
HF	$K = 6,6 \cdot 10^{-4}$	H ₃ BO ₃	$K_1 = 5,8 \cdot 10^{-10}$
HNO ₂	$K = 4,0 \cdot 10^{-4}$		$K_2 = 1,8 \cdot 10^{-13}$
			$K_3 = 1,6 \cdot 10^{-14}$
H ₂ SO ₃	$K_1 = 1,7 \cdot 10^{-2}$ $K_2 = 6,3 \cdot 10^{-8}$	H ₂ O	$K = 1,8 \cdot 10^{-16}$
H ₂ S	$K_1 = 1,1 \cdot 10^{-7}$ $K_2 = 1,0 \cdot 10^{-14}$	NH ₃ · H ₂ O	$K = 1,8 \cdot 10^{-5}$
H ₂ SiO ₃	$K_1 = 1,3 \cdot 10^{-10}$ $K_2 = 1,6 \cdot 10^{-12}$	Al(OH) ₃	$K_3 = 1,4 \cdot 10^{-9}$
		Zn(OH) ₂	$K_1 = 4,4 \cdot 10^{-5}$ $K_2 = 1,5 \cdot 10^{-9}$
Fe(OH) ₂	$K_2 = 1,3 \cdot 10^{-4}$	Cd(OH) ₂	$K_2 = 5,0 \cdot 10^{-3}$
Fe(OH) ₃	$K_2 = 1,8 \cdot 10^{-11}$ $K_3 = 1,3 \cdot 10^{-12}$	Cr(OH) ₃	$K_3 = 1,0 \cdot 10^{-10}$
		Ag(OH)	$K = 1,1 \cdot 10^{-4}$
Cu(OH) ₂	$K_2 = 3,4 \cdot 10^{-7}$	Pb(OH) ₂	$K_1 = 9,6 \cdot 10^{-4}$ $K_2 = 3,0 \cdot 10^{-8}$
Ni(OH) ₂	$K_2 = 2,5 \cdot 10^{-5}$		$K_2 = 2,5 \cdot 10^{-3}$
		Mg(OH) ₂	

Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы металлов

Электродная реакция	E^0 , В	Электродная реакция	E^0 , В
$\text{Li}^+ + \bar{e} = \text{Li}$	-3,045	$\text{In}^{3+} + 3\bar{e} = \text{In}$	-0,340
$\text{Rb}^+ + \bar{e} = \text{Rb}$	-2,925	$\text{Ti}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Ti}$	-0,330
$\text{K}^+ + \bar{e} = \text{K}$	-2,925	$\text{Co}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Co}$	-0,280
$\text{Cs}^+ + \bar{e} = \text{Cs}$	-2,923	$\text{Ni}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Ni}$	-0,250
$\text{Ba}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Ba}$	-2,906	$\text{Sn}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Sn}$	-0,136
$\text{Sr}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Sr}$	-2,890	$\text{Pb}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Pb}$	-0,126
$\text{Ca}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Ca}$	-2,866	$\text{Fe}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Fe}$	-0,036
$\text{Na}^+ + \bar{e} = \text{Na}$	-2,714	$2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2$	+0,000
$\text{Mg}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Mg}$	-2,363	$\text{Sn}^{4+} + 4\bar{e} = \text{Sn}$	+0,020
$\text{Be}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Be}$	-1,847	$\text{Sb}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Sb}$	+0, 200
$\text{Al}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Al}$	-1,662	$\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Cu}$	+0,337
$\text{Ti}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Ti}$	-1,628	$\text{Cu}^+ + \bar{e} = \text{Cu}$	+0,520
$\text{V}^{2+} + 2\bar{e} = \text{V}$	-1,186	$\text{Rh}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Rh}$	+0,760
$\text{Mn}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Mn}$	-1,180	$\text{Ag}^+ + \bar{e} = \text{Ag}$	+0,799
$\text{Cr}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Cr}$	-0,913	$\text{Hg}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Hg}$	+0,854
$\text{Zn}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Zn}$	-0,763	$\text{Pd}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Pd}$	+0,987
$\text{Cr}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Cr}$	-0,744	$\text{Pt}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Pt}$	+1,19
$\text{Fe}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Fe}$	-0,440	$\text{Au}^{3+} + 3\bar{e} = \text{Au}$	+1,498
$\text{Cd}^{2+} + 2\bar{e} = \text{Cd}$	-0,403	$\text{Au}^+ + \bar{e} = \text{Au}$	+1,830

**Окислительно-восстановительные потенциалы водорода,
кислорода и металлов в разных средах**

Кислая среда (pH = 0)		Нейтральная среда (pH=7)		Щелочная среда (pH=14)	
Ox/Red	E^0 , В	Ox/Red	E^0 , В	Ox/Red	E^0 , В
$2\text{H}^+/\text{H}_2$	0,00	$2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$	-0,41	$2\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$	-0,83
$\text{O}_2/2\text{H}_2\text{O}$	+1,22	$\text{O}_2/4\text{OH}^-$	+0,81	$\text{O}_2/4\text{OH}^-$	+0,40
Mg^{2+}/Mg	-2,36	$\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{Mg}$	-2,38	$\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{Mg}$	-2,69
Al^{3+}/Al	-1,66	$\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Al}$	-1,88	AlO_2^-/Al	-2,36
Zn^{2+}/Zn	-0,76	$\text{Zn}(\text{OH})_2/\text{Zn}$	-0,81	$\text{ZnO}_2^{2-}/\text{Zn}$	-1,22
Cr^{3+}/Cr	-0,74	$\text{Cr}(\text{OH})_3/\text{Cr}$	-0,93	CrO_2^-/Cr	-1,32
Fe^{2+}/Fe	-0,44	$\text{Fe}(\text{OH})_2/\text{Fe}$	-0,46	$\text{Fe}(\text{OH})_2/\text{Fe}$	-0,87
Cd^{2+}/Cd	-0,40	$\text{Cd}(\text{OH})_2/\text{Cd}$	-0,41	$\text{Cd}(\text{OH})_2/\text{Cd}$	-0,82
Co^{2+}/Co	-0,28	$\text{Co}(\text{OH})_2/\text{Co}$	-0,32	$\text{Co}(\text{OH})_2/\text{Co}$	-0,73
Ni^{2+}/Ni	-0,25	$\text{Ni}(\text{OH})_2/\text{Ni}$	-0,30	$\text{Ni}(\text{OH})_2/\text{Ni}$	-0,72
Sn^{2+}/Sn	-0,14	$\text{Sn}(\text{OH})_2/\text{Sn}$	-0,50	$\text{SnO}_2^{2-}/\text{Sn}$	-0,91
Pb^{2+}/Pb	-0,13	$\text{Pb}(\text{OH})_2/\text{Pb}$	-0,14	$\text{PbO}_2^{2-}/\text{Pb}$	-0,54
Bi^{3+}/Bi	+0,21	BiO^+/Bi	-0,04	$\text{Bi}_2\text{O}_3/2\text{Bi}$	-0,45
Cu^{2+}/Cu	+0,34	$\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{Cu}$	+0,19	$\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{Cu}$	-0,22

Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы систем

Электродная реакция	$E^0, \text{В}$	Электродная реакция	$E^0, \text{В}$
$\text{F}_2 + 2\bar{e} = 2\text{F}^-$	+2,84	$\text{NO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,05
$\text{Cl}_2 + 2\bar{e} = 2\text{Cl}^-$	+1,36	$\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,96
$\text{HClO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{HClO} + \text{H}_2\text{O}$	+1,64	$\text{NO}_2 + 8\text{H}^+ + 7\bar{e} = \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,90
$2\text{HClO} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,63	$\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$	+0,87
$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,49	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$	+0,84
$2\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} = \text{Cl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,46	$\text{N}_2 + 8\text{H}^+ + 6\bar{e} = 2\text{NH}_4^+$	+0,25
$\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,45	$\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$	+0,01
$\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,19	$\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{NO} + 4\text{OH}^-$	-0,14
$\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	+0,89	$\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} = 2\text{NH}_3 + 6\text{OH}^-$	-0,74
$\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$	+0,66	$\text{P} + 3\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{PH}_3$	+0,06
$\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} = \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$	+0,63	$\text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{P} + 3\text{H}_2\text{O}$	-0,52
$2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{Cl}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,49	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{H}^+ + 5\bar{e} = \text{P} + 4\text{H}_2\text{O}$	-0,41
$\text{Br}_2 + 2\bar{e} = 2\text{Br}^-$	+1,07	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	-0,28
$\text{BrO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{BrO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	+1,85	$\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3\bar{e} = \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,90
$2\text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} = \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,48	$\text{Fe}^{3+} + \bar{e} = \text{Fe}^{2+}$	+0,77
$\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,44	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + \bar{e} = \text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{OH}^-$	-0,55
$\text{BrO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{BrO}_3^- + 2\text{OH}^-$	+1,03	$\text{Co}^{3+} + \bar{e} = \text{Co}^{2+}$	+1,81
$\text{BrO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} = \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$	+0,77	$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\bar{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,51
$2\text{BrO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10\bar{e} = \text{Br}_2 + 12\text{OH}^-$	+0,50	$\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,23
$\text{I}_2 + 2\bar{e} = 2\text{I}^-$	+0,54	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	+0,60
$\text{IO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8\bar{e} = \text{I}^- + 4\text{H}_2\text{O}$	+1,40	$\text{MnO}_4^- + \bar{e} = \text{MnO}_4^{2-}$	+0,56
$2\text{IO}_4^- + 16\text{H}^+ + 14\bar{e} = \text{I}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$	+1,34	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$	+1,33
$2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\bar{e} = \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$	+1,20	$\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3\bar{e} = \text{Cr}(\text{OH})_4^- + 4\text{OH}^-$	-0,72
$\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,08	$\text{Cr}^{3+} + \bar{e} = \text{Cr}^{2+}$	-0,41
$2\text{IO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10\bar{e} = \text{I}_2 + 12\text{OH}^-$	+0,21	$\text{V}^{3+} + \bar{e} = \text{V}^{2+}$	-0,25
$\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\bar{e} = \text{I}^- + 6\text{OH}^-$	+0,26	$\text{VO}_4^{3-} + 6\text{H}^+ + \bar{e} = \text{VO}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	+1,26
$\text{IO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 8\bar{e} = \text{I}^- + 8\text{OH}^-$	+0,39	$\text{VO}^{2+} + 2\text{H}^+ + \bar{e} = \text{V}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0,34
$\text{SO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6\bar{e} = \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,36	$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + \bar{e} = \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$	+0,12
$\text{SO}_4^{2-} + 10\text{H}^+ + 8\bar{e} = \text{H}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$	+0,30	$\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + 4\bar{e} = \text{Ti} + \text{H}_2\text{O}$	-0,89
$\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	+0,17	$\text{Ti}^{3+} + \bar{e} = \text{Ti}^{2+}$	-0,37
$\text{S} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2\text{S}$	+0,17	$\text{Sn}^{4+} + 2\bar{e} = \text{Sn}^{2+}$	+0,15
$\text{S} + 2\bar{e} = \text{S}^{2-}$	-0,48	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\bar{e} = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,69
$\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\bar{e} = \text{S} + 6\text{OH}^-$	-0,66	$\text{PbO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$	+1,46
$\text{SeO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{SeO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$	+0,05	$\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} = \text{Zn} + 4\text{OH}^-$	-1,22
$\text{Se} + 2\text{H}^+ + 2\bar{e} = \text{H}_2\text{Se}$	-0,40	$\text{Cu}^{2+} + \bar{e} = \text{Cu}^+$	+0,15

