

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебная программа дисциплины

Курс лекций

Лабораторный практикум

- Методические указания по самостоятельной работе
- Банк тестовых заданий в системе UniTest



УДК 540
ББК 24.1
Н52

Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Неорганическая химия» подготовлен в рамках реализации в 2007 г. программы развития ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» на 2007–2010 гг. по разделу «Модернизация образовательного процесса».

Рецензенты:

Красноярский краевой фонд науки;
Экспертная комиссия СФУ по подготовке учебно-методических комплексов дисциплин

Н52 Неорганическая химия. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : метод. указания по самостоятельной работе / сост. : Н. М. Вострикова, Л. Н. Корытцева, Г. Т. Королев и др. – Электрон. дан. (1 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Неорганическая химия : УМКД № 265-2007 / рук. творч. коллектива С. Д. Кирик). – 1 электрон. опт. диск (DVD). – Систем. требования : *Intel Pentium* (или аналогичный процессор других производителей) 1 ГГц ; 512 Мб оперативной памяти ; 1 Мб свободного дискового пространства ; привод *DVD* ; операционная система *Microsoft Windows 2000 SP 4 / XP SP 2 / Vista* (32 бит) ; *Adobe Reader 7.0* (или аналогичный продукт для чтения файлов формата *pdf*).

ISBN 978-5-7638-1497-2 (комплекса)

Номер гос. регистрации в ФГУП НТЦ «Информрегистр» 0320802707 от 01.01.0001 г. (комплекса)

Настоящее издание является частью электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Неорганическая химия», включающего учебную программу, курс лекций, лабораторный практикум, контрольно-измерительные материалы «Неорганическая химия. Банк тестовых заданий», наглядное пособие «Неорганическая химия. Презентационные материалы».

Приведены указания по самостоятельному изучению теоретической части курса и выполнению практических заданий для закрепления и проверки знаний.

Предназначены для студентов направлений подготовки бакалавров 150100.62 «Металлургия», 280200.62 «Защита окружающей среды» укрупненных групп 150000 «Металлургия, машиностроение, металлообработка», 280000 «Безопасность жизнедеятельности, природообустройство и защита окружающей среды».

© Сибирский федеральный университет, 2008

Составители:

Н. М. Вострикова, Л. Н. Корытцева, Г. Т. Королев, Н. Н. Головнев, С. В. Сайкова

Рекомендовано к изданию

Инновационно-методическим управлением СФУ

Разработка и оформление электронного образовательного ресурса: Центр технологий электронного обучения информационно-аналитического департамента СФУ; лаборатория по разработке мультимедийных электронных образовательных ресурсов при КрЦНИТ

Содержимое ресурса охраняется законом об авторском праве. Несанкционированное копирование и использование данного продукта запрещается. Встречающиеся названия программного обеспечения, изделий, устройств или систем могут являться зарегистрированными товарными знаками тех или иных фирм.

Подп. к использованию 01.09.2008

Объем 1 Мб

Красноярск: СФУ, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ | 4 |
| 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ | 5 |
| 1.1. Структура самостоятельной работы | 5 |
| 1.2. Методика реализации самостоятельной работы | 7 |
| 1.3. Реализация графика самостоятельной работы | 11 |
| 1.4. Методика применения кредитно-рейтинговой системы | 14 |
| 1.5. Методика проведения промежуточной аттестации по дисциплине | 17 |
| 2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ | 20 |
| 2.1. Общие закономерности протекания химических процессов | 20 |
| 2.2. Строение атома и Периодическая система Д. И. Менделеева | 28 |
| 2.3. Растворы электролитов | 34 |
| 2.4. Окислительно-восстановительные реакции | 44 |
| 2.5. Элементы электрохимии | 49 |
| 2.6. Общие свойства металлов | 58 |
| 2.7. Свойства s-металлов и их соединений | 62 |
| 2.8. Свойства p-металлов и их соединений | 69 |
| 2.9. Химия d-металлов и их соединений | 74 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 | 82 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 2 | 93 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 3 | 94 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 4 | 94 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 5 | 95 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 106 |



ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В процессе изучения курса «Неорганическая химия» важная роль отводится самостоятельной работе студентов, которая способствует лучшему пониманию и закреплению, а также практическому применению теоретического материала, приобретению навыков работы с литературой.

Самостоятельная работа предполагает два вида: работу над теоретической частью курса (ТО) и выполнение практических заданий для закрепления и проверки знаний (ДЗ).

Теоретическая часть курса прорабатывается с использованием лекционного материала и дополнительной литературы. ТО рекомендуется проводить в два этапа. При первом прочтении создается общее представление о содержании изучаемого вопроса, и выясняются трудные места. При повторном чтении легче понять сущность вопроса, математические зависимости, уравнения химических реакций.

Основные понятия и законы, формулы и уравнения реакций, неизвестные термины и названия, математические расчеты рекомендуется заносить в конспекты. Для проверки усвоения теоретических знаний полезно восстановить по памяти основные положения прочитанного, а затем снова вернуться к тому, что оказалось непонятным.

Домашние задания (ДЗ) есть результат правильного понимания и усвоения изучаемого материала, охватывают наиболее сложные разделы изучаемой дисциплины.

В начале каждого задания дан перечень основных моментов, на которые студенту необходимо обратить внимание при теоретической подготовке, и представлены примеры решения типовых задач.

Домашние задания студенты получают у преподавателя на первой неделе учебного семестра в соответствии с номером варианта, присвоенного студенту на весь семестр. Выполнение домашних заданий осуществляется в соответствии с представленным графиком учебного процесса и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Неорганическая химия». Домашние задания изложены в методическом пособии [8].

Форма отчетности

Студент представляет домашнее задание в виде письменной работы, оформленной в отдельной тетради, либо на листах (формат А4). При выполнении домашнего задания формулируется вопрос или записывается краткое условие задачи и далее дается четкий ответ.

К домашнему заданию прилагается титульный лист, на котором указывается тема домашнего задания, номер варианта, специальность и номер группы, ФИО студента, ФИО преподавателя.

Преподаватель проверяет ДЗ и в случае необходимости проводит со студентом индивидуальную беседу. При затруднении в выполнении ДЗ либо при неправильном выполнении ДЗ студент может получить у преподавателя консультацию.



1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

1.1. Структура самостоятельной работы

Изучение теоретического курса проводится студентом после чтения соответствующей лекции путем самостоятельной проработки материала по источникам, приведенным в списке основной и дополнительной учебной литературы. Соотношение аудиторных занятий и самостоятельной работы при этом 50 : 50 %.

Темы, которые студенты должны изучить самостоятельно, а также рекомендуемую литературу, лектор называет в конце каждой лекции.

Самостоятельная работа студентов по изучению дисциплины включает два основных вида: теоретическое обучение (ТО) и решение задач в форме выполнения домашних заданий (ДЗ) по ключевым темам курса.

Теоретическое обучение (ТО) подразделяется на два вида самостоятельной внеаудиторной работы студента:

1) изучение лекционного теоретического курса (самостоятельная проработка материала прочитанной лекции по источникам, приведенным в списке основной и дополнительной учебной литературы);

2) самостоятельное изучение теоретических вопросов, *не вошедших в лекционный курс*. Вопросы для самостоятельного изучения преподаватель (лектор) сообщает в конце каждой лекции с названием рекомендуемой литературы.

Объем работы по изучению материала, *не вошедшего в материал лекций*, планируется из расчета в среднем 0,5 часа самостоятельной работы на 1 час лекций. Для наиболее трудно усваиваемых разделов курса – «Строение атома» и «Периодическая система элементов», «Химическая связь и строение молекул» предполагается 2 часа самостоятельной работы на 1 час лекций.

На вопросы из усвоенного самостоятельного материала студенты отвечают при защите лабораторных работ, выполнении домашних заданий, а также при итоговом контроле. Перечень вопросов, не вошедших в лекционный курс, для самостоятельного изучения студентами представлен в [табл. 1.1.1.](#)

Таблица 1.1.1

Вопросы, не вошедшие в лекционный курс

| № п/п | Тема | Вопросы | Трудоемкость |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Модуль 1. Общетеоретические вопросы неорганической химии | | | |
| 1 | Элементы химической термодинамики | Энтальпия образования. Энтропийный и энтальпийный факторы при определении направления химических реакций | 0,03 (1) |
| 2 | Химическая кинетика и равновесие | Скорость химических реакций. Факторы, влияющие на скорость | 0,03 (1) |

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**1.1. Структура самостоятельной работы**

Продолжение табл. 1.1.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3 | Электронное строение атома | Строение атома. Представление о корпускулярно-волновом дуализме микрочастиц (электрон – частица и волна). Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное, спиновое) | 0,03 (1) |
| 4 | Периодическая система элементов Д.И. Менделеева | Атомные и ионные радиусы, электроотрицательность, потенциал (энергия) ионизации, сродство к электрону и периодичность их изменения для различных элементов | 0,03 (1) |
| 5 | Химическая связь | Полярность молекул. Диполи. Нековалентные взаимодействия: ионная, межмолекулярная и водородная связи | 0,06 (2) |
| 6 | Растворы и их свойства | Растворы неэлектролитов | 0,03 (1) |
| 7 | Ионные равновесия в растворах электролитов | Произведение растворимости. Условия осаждения и растворения осадков | 0,03 (1) |
| 8 | Окислительно-восстановительные реакции | Типы окислительно-восстановительных процессов: межмолекулярные, внутримолекулярные, диспропорционирование, конпропорционирование | 0,03 (1) |
| 9 | Основы электрохимии | Способы защиты от коррозии. Электролиз расплавов и водных растворов электролитов. Законы Фарадея | 0,06 (2) |
| Модуль 2. Химия элементов и их соединений | | | |
| 10 | Обзор химических свойств неметаллов и их соединений | Распространение неметаллов в природе и способы их получения | 0,03 (1) |
| 11 | Комплексные соединения | Понятие о теории кристаллического поля (ТКП) | 0,03 (1) |
| 12 | Свойства металлов и их соединений | Химия f-металлов и их соединений. Положение в периодической системе лантаноидов и актиноидов, особенности их электронных структур. Монотонно и периодически изменяющиеся свойства. Нахождение в природе и способы их получения. Применение | 0,14 (5) |
| Модуль 3. Химическая идентификация и анализ вещества | | | |
| 13 | Химические и физико-химические методы анализа | Качественная анализ. Дробный и систематический анализ. Предварительные испытания анализируемой пробы. Систематика химических свойств ионов. Обнаружение анионов. Систематическое разделение катионов | 0,08 (3). |
| 14 | Физические методы анализа | Методы, основанные на измерении параметров электрических и магнитных свойств веществ. Факторы, влияющие на выбор метода анализа | 0,06 (2) |

Домашние задания (ДЗ) являются важной компонентой изучения курса. Они помогут студенту проработать теоретический материал, систематизировать его и применить к решению практических примеров и задач. В учебной программе дисциплины предполагается выполнение девяти заданий. Учитывая различную профессиональную направленность студентов направлений подготовки бакалавров «Металлургия» и «Защита окружающей среды» возможна вариативность в выполнении домашних заданий 7, 8 и 9.



Домашние задания (ДЗ) включают решение задач, составление уравнений химических реакций по основным разделам курса. Задания на самостоятельную работу скомплектованы по вариантам. Каждое ДЗ имеет в среднем 3–5 задач. На выполнение ДЗ отводится 41 час (1,14 зачетной единицы).

Для выполнения самостоятельной работы (ДЗ) студентам рекомендуется пользоваться пособием по самостоятельной работе [8].

Вариант студенту выдает преподаватель, ведущий лабораторные работы, на первой лабораторной работе. Сами задания студент можете получить у дежурного инженера. Защита ДЗ по самостоятельной работе проводится в часы занятий согласно календарному плану (табл. 1.3.1) и графику (табл. 1.3.2).

1.2. Методика реализации самостоятельной работы

В учебной программе курса на теоретическую самостоятельную работу предполагается 95 часов. В выписке из учебной программы в приложении приводится рекомендуемое распределение времени по темам. В целом студенту можно посоветовать в неделю заниматься самостоятельной теоретической подготовкой в среднем 4 часа. Это время можно распределить на проработку собственного конспекта лекций и подготовку к лабораторным работам.

Для самостоятельного изучения теоретического материала и выполнения ДЗ преподаватель рекомендует студентам печатные и электронные ресурсы.

Печатные:

- конспект лекций по неорганической химии [6];
- методические указания и учебные пособия, разработанные на кафедре по ключевым темам курса [7; 8], [19; 20; 21; 22; 23];
- современные учебники, из рекомендованного списка литературы [1; 2; 3; 4; 5].

Электронные:

- электронный конспект лекций по неорганической химии;
- электронные образовательные ресурсы (ссылки в Интернете на сайты).

Теоретическое обучение (ТО) рекомендовано на протяжении всех 17 учебных недель, так как это необходимое условие успешного освоения курса.

В среднем рекомендуется 3 часа в неделю на самостоятельное теоретическое изучение курса.

Решение задач (ДЗ) распределено по плану изучения дисциплины таким образом, чтобы подготовиться к соответствующей лабораторной работе.

В среднем на решение одной задачи тратится 30 мин.

Перечень предлагаемых студентам заданий на самостоятельную работу (ДЗ):

1. Общие закономерности протекания химических процессов;
2. Строение атома и Периодическая система элементов Д. И. Менделеева;

3. Растворы электролитов;
4. Окислительно-восстановительные реакции;
5. Элементы электрохимии;
6. Общие свойства металлов;
7. Свойства s-металлов и их соединений;
8. Свойства p-металлов и их соединений;
9. Свойства d-металлов и их соединений.

С учетом различной профессиональной направленности студентов направлений подготовки бакалавров «Металлургия» и «Защита окружающей среды» возможна вариативность в выполнении домашних заданий 7, 8, и 9.

Студенты должны самостоятельно изучить следующие вопросы:

Тема 1. Элементы химической термодинамики

Энтальпия образования. Энтропийный и энтальпийный факторы при определении направления химических реакций. *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 2. Химическая кинетика и равновесие

Скорость химических реакций. Факторы, влияющие на скорость. *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 3. Электронное строение атома

Строение атома. Представление о корпускулярно-волновом дуализме микрочастиц (электрон – частица и волна). Квантовые числа (главное, орбитальное, магнитное, спиновое). *Трудоемкость 0,02 (1).*

Тема 4. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева

Атомные и ионные радиусы, электроотрицательность, потенциал (энергия) ионизации, сродство к электрону и периодичность их изменения для различных элементов. *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 5. Химическая связь

Полярность молекул. Диполи. Нековалентные взаимодействия: ионная, межмолекулярная и водородная связи. *Трудоемкость 0,06 (2).*

Тема 6. Растворы и их свойства

Растворы неэлектролитов. *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 7. Ионные равновесия в растворах электролитов

Произведение растворимости. Условия осаждения и растворения осадков. *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 8. Окислительно-восстановительные реакции

Типы окислительно-восстановительных процессов: межмолекулярные, внутримолекулярные, диспропорционирование, конпропорционирование. *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 9. Основы электрохимии

Способы защиты от коррозии. Электролиз расплавов и водных растворов электролитов. Законы Фарадея. *Трудоемкость 0,06 (2).*

Тема 10. Обзор химических свойств неметаллов и их соединений

Распространение неметаллов в природе и способы их получения. *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 11. Комплексные соединения

Понятие о теории кристаллического поля (ТКП). *Трудоемкость 0,03 (1).*

Тема 12. Свойства металлов и их соединений

Химия f-металлов и их соединений. Положение в периодической системе лантаноидов и актиноидов, особенности их электронных структур. Монотонно и периодически изменяющиеся свойства. Нахождение в природе и способы их получения. Применение. *Трудоемкость 0,14 (5).*

Тема 13. Химические и физико-химические методы анализа

Качественный анализ. Дробный и систематический анализ. Предварительные испытания анализируемой пробы. Систематика химических свойств ионов. Обнаружение анионов. Систематическое разделение катионов. *Трудоемкость 0,05 (3).*

Тема 14. Физические методы анализа

Методы, основанные на измерении параметров электрических и магнитных свойств веществ. Факторы, влияющие на выбор метода анализа. *Трудоемкость 0,06 (2).*

Самостоятельная работа по темам дисциплины «Неорганическая химия» представлена в [табл. 1.2.1](#).

Таблица 1.2.1

Самостоятельная работа по дисциплине «Неорганическая химия»

| Тема | Объем, з. е. (час) | Литература, страницы | Задание для СРС |
|----------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Элементы химической термодинамики | 0,07 (4) | [4] с. 31–103 [5] с. 116–142 | 1. Общие закономерности протекания химических процессов |
| 2. Химическая кинетика и равновесие | 0,10 (6) | [4] с. 41–49 [5] с. 149–201 | |
| Окончание табл. 1.2.1 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 3. Электронное строение атома | 0,08 (5) | [4] с. 194–212 [5] с. 17–26 | 2. Строение атома |
| 4. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева | 0,12 (7) | | |

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**1.2. Методика реализации самостоятельной работы**

Продолжение таблицы

| Тема | Объем, з. е. (час) | Литература, страницы | Задание для СРС |
|---------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. Химическая связь | 0,17 (10) | [4] с. 241–265 [5] с. 35–62 | - |
| 6. Растворы и их свойства | 0,10 (6) | [4] с. 137–150 [5] с. 204–210 | 3. Растворы электролитов |
| 7. Ионные равновесия в растворах электролитов | 0,10 (6) | [4] с. 159–185 [5] с. 210–242 | |
| 8. Окислительно-восстановительные реакции | 0,13 (8) | [4] с. 271–285 [5] с. 251–259 [18] с. 4–17 | 4. Окислительно-восстановительные реакции |
| 9. Основы электрохимии | 0,17 (10) | [4] с. 382–401 [5] с. 261–336 [18] с. 17–44 | 5. Элементы электрохимии |
| 10. Обзор химических свойств неметаллов и их соединений | 0,06 (4) | [4] с. 314–374 [5] с. 382–418 | - |
| 11. Комплексные соединения | 0,05 (3) | [5] с. 408–421 | - |
| 12. Свойства металлов и их соединений | 0,25 (15) | [22] с. 5–130 [4] с. 300–313 с. 428–485 [5] с. 341–381 | 6. Общие свойства металлов 7. Свойства s-металлов и их соединений 8. Свойства p-металлов и их соединений 9. Свойства d-металлов и их соединений |
| 13. Химические и физико-химические методы анализа | 0,13 (8) | [10] с. 149–164 [4] с. 26–96 с. 120–195 | - |
| 14. Физические методы анализа | 0,05 (3) | [4] с. 198–258 с. 376–383 | - |



1.3. Реализация графика самостоятельной работы

Таблица 1.3.1

Календарный план занятий по дисциплине «Неорганическая химия» (1-й курс, 1-й семестр)

| | Тема | Лабораторные работы | ДЗ | Контроль |
|---|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 1. Элементы химической термодинамики | Вводное занятие. ТБ* в химической лаборатории. ЛР 1. Скорость химических реакций и химическое равновесие | ВДЗ 1 | |
| 2 | 2. Химическая кинетика и равновесие | Защита ЛР 1 | СДЗ 1 | тест |
| 3 | 3. Электронное строение атома | ЛР 2. Приготовление растворов заданной концентрации | ВДЗ 2 | |
| 4 | 4. Периодическая система Д.И. Менделеева | ЛР 3. Электролитическая диссоциация и гидролиз солей | ВДЗ 3 | |
| 5 | 5. Химическая связь | Защита ЛР 2 и 3 | СДЗ 2, 3 | тест |
| 6 | 6. Растворы и их свойства | ЛР 4. Окислительно-восстановительные реакции | ВДЗ 4 | |
| 7 | 7. Ионные равновесия в растворах электролитов | Защита ЛР 4 | СДЗ 4 | тест |
| 8 | 8. Окислительно-восстановительные реакции | ЛР 5. Элементы электрохимии | ВДЗ 5 | |

* Теория безопасности.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

1.3. Реализация графика самостоятельной работы

Окончание табл. 1.3.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------|--------------|
| 9 | 9. Основы электрохимии | Защита ЛР 5 | СДЗ 5 | тест |
| 10 | 10. Обзор химических свойств неметаллов и их соединений | ЛР 6. Свойства неметаллов и их соединений | ВДЗ 6 | |
| 11 | 11. Комплексные соединения | ЛР 7. Химия s-металлов и их соединений | ВДЗ 7 | |
| 12 | 12. Свойства металлов и их соединений | ЛР 8. Химия p-металлов и их соединений | ВДЗ 7 | |
| 13 | | ЛР 9. Химия d-металлов и их соединений | ВДЗ 8 | |
| 14 | | Защита ЛР 6, 7, 8, 9 | СДЗ 6–9 | тест |
| 15 | 12. Химические и физико-химические методы анализа | ЛР 10. Иодометрическое определение меди | | |
| 16 | 13. Физические методы анализа | ЛР 11. Кондуктометрическое определение соли в растворе | | |
| 17 | | Защита ЛР 10, 11 | | тест до-пуск |



ГРАФИК
учебного процесса и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Неорганическая химия»
(1-й курс, 1-й семестр)

| № п/п | Наименование дисциплины | Семестр | Число аудиторных занятий | | Форма контроля | Часов на самостоятельную работу | | Недели учебного процесса семестра | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-------------------------|---------|--------------------------|-------------|----------------|---------------------------------|----------|-----------------------------------|---|---|---|------|---|---|---|---|----|----|----|----|-----|----|----|-------|----|----|--|--|
| | | | всего | по видам | | все-го | по видам | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | | | | |
| 1 | Неорганическая химия | 1 | 85 | лекции – 51 | экзамен | 95 | ТО – 54 | Т | Т | Т | Т | Т | Т | Т | Т | Т | Т | Т | ТО | ТО | ТО | ТО | ТО | ТО | ТО | ТО | | |
| | | | | | | | ДЗ– 41 | В | С | В | В | С | В | С | В | В | В | В | В | В | В | В | В | С | | | | |
| | | | | ЛР | | | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | Д | С | | | | |
| | | | лабораторные – 34 | | | | ЛР | В | 3 | В | В | 3 | В | 3 | В | 3 | В | 3 | В | В | В | В | 3 | В | В | 3 | | |
| | | | | | | | | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | Л | | |
| | | | | | | | | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | Р | | |
| | | | | | | | | 1 | 1 | 2 | 3 | 2, 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 6–9 | 10 | 11 | 10,11 | | | | |

Условные обозначения: ТО – изучение теоретического курса; ЛР – лабораторные работы; ВЛР – выполнение лабораторной работы; ЗЛР – защита лабораторной работы; ВДЗ – выдача домашнего задания, СДЗ – сдача домашнего задания.

Реализация графика самостоятельной работы по курсу «Неорганическая химия» осуществляется согласно календарному плану ([табл. 1.3.1](#)), представленному на стенде в учебной аудитории. Здесь студенты узнают тему следующего занятия, вид самостоятельной работы и контрольное мероприятие по данной теме.

Календарный план находится в строгом соответствии с графиком учебного процесса и самостоятельной работы по дисциплине «Неорганическая химия», представленным в [табл. 1.3.2](#).

1.4. Методика применения кредитно-рейтинговой системы

Организация учебного процесса с использованием системы зачетных единиц ведется по программам и учебным планам, разработанным в соответствии с государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования (ГОС ВПО) и специальными решениями Минобрнауки России (приказ Минобрнауки от 20.05.2004 г. № 2274).

1.1. Трудоемкость всех видов учебной работы в планах устанавливается в з.е., как правило, 1 з. е. = 36 академическим часам общей трудоемкости или 27 астрономическим часам. Трудоемкость может корректироваться в ходе мониторинга учебного процесса по особому регламенту.

1.2. По степени обязательности и последовательности усвоения содержания образования учебный план по направлению подготовки, специальности, специализации (по мере разработки и утверждения в СФУ учебных планов, составленных на основании ФГОС ВПО), должен включать три группы дисциплин по всем циклам:

- а) группа дисциплин, изучаемых обязательно и строго последовательно во времени;
- б) группа дисциплин, изучаемых обязательно, но не последовательно;
- в) дисциплины, которые студент изучает по своему выбору.

Дисциплины группы «б» и «в» создают предпосылки для так называемой нелинейной организации учебного процесса, принципиально отличающейся от действующей ныне в вузах России.

1.2.1. В каждую из перечисленных групп могут входить дисциплины любого цикла, предусмотренного в рабочих учебных планах специальностей, бакалавриата и магистратуры.

1.2.2. Соотношение трудоемкости между группами дисциплин «а», «б» и «в» устанавливается ученым советом факультета по согласованию с Учебно-методическим департаментом СФУ на основании действующих нормативных документов (ГОС ВПО или специального решения Минобрнауки России).

1.2.3. Группа дисциплин «а» является базовой для определения курса (года обучения) студента, его учебного потока и учебной группы.

1.3. При формировании рабочих учебных планов в системе зачетных единиц с целью оптимизации учебного процесса предусматривается макси-

мальная унификация учебных планов смежных направлений подготовки (специальностей) и объединение дисциплин, имеющих разницу в содержании до 30 % (приказ Минобразования от 20.05.2004 № 2774).

1.4. Рейтинговый регламент СФУ устанавливает соотношение между оценками в баллах и их числовыми и буквенными эквивалентами:

Таблица 1.4.1

Перевод баллов 100-балльной шкалы в их числовые коэффициенты и буквенные оценки

| Оценка в 100-балльной шкале | Оценка в традиционной шкале | Буквенные эквиваленты оценок в шкале ECTS |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|
| 84–100 | 5 (отлично) | A (отлично) – 10 % |
| 67–83 | 4 (хорошо) | B (очень хорошо) – 25 % |
| | | C (хорошо) – 30 % |
| 50–66 | 3 (удовлетворительно) | D (удовлетворительно) – 25 % |
| 0–49 | 2 (неудовлетворительно) | E (посредственно) – 10 % |
| | | FX, F |

1.5. По итогам текущего и промежуточного контроля знаний рассчитывается *средневзвешенная оценка*.

1.6. *Средневзвешенная оценка* по дисциплине устанавливается как **сумма баллов, умноженных на трудоемкость оцениваемых видов учебной работы за период аттестации, деленная на общую трудоемкость дисциплины за период аттестации** (округляется до целых, может принимать значения от 0 до 100).

1.7. *Средневзвешенная оценка* может переводиться в традиционную четырехбалльную шкалу или буквенную шкалу ECTS и выставляется:

- за период аттестации по модулю (по видам работы);
- за период аттестации по дисциплине (по модулям);
- за текущую работу в семестре по результатам прошедших аттестаций;
- за семестр в целом с учетом баллов за зачет;
- за семестр в целом с учетом баллов за экзамен;
- за учебный год и весь срок освоения основной образовательной программы.

Таблица 1.4.2

Пример распределения трудоемкостей и оценок для дисциплины, изучаемой в течение одного семестра

| | Текущая аттестация | | Промежуточная аттестация | | Итого |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------|-----|--------------------------|-------------|--------------|
| | контрольная шкала | | зачет | экзамен | |
| | 1 | 2 | | | |
| Трудоемкость учебной работы в долях от общей трудоемкости дисциплины | 0,5 | | 0,5 | | |
| | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,3 | |
| Высшая оценка в 100-балльной шкале | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Наибольшее количество набираемых баллов | 20 | 40 | 10 | 30 | 100 |
| Трудоемкость учебной работы, % | 20 | 40 | 10 | 30 | 100 |
| Минимальная оценка для аттестации, баллы | 50 | | 100 | 50 | |
| Минимальное количество баллов для аттестации | 25 | | 10 | 20 | 50 |
| Пример 1 | | | | | |
| Действительные оценки | 40 | 80 | 100 | 70 | |
| Набранные баллы | 8 | 32 | 10 | 21 | 71 (хорошо) |
| Средневзвешенная оценка (нарастающим итогом) | 8 | 40 | 50 | 71 (хорошо) | 71 |
| Пример 2 | | | | | |
| Действительные оценки | 0 | 0 | 100 | 100 | |
| Набранные баллы | 0 | 0 | 10 | 30 | 40 (неудовл) |

1.8. Оценивание качества учебной работы при текущей аттестации производится в 100-балльной шкале по всем контрольным видам работ. Пример планирования семестровой работы по дисциплине приведен в [табл. 1.4.3](#).

Таблица 1.4.3

Трудоемкость в баллах, максимально набираемых студентом по видам учебной работы по дисциплине «Неорганическая химия»

2

| | Посещение занятий | Самостоятельное изучение материала (ТО) | Выполнение и защита лабораторных | Выполнение домашних заданий (ДЗ) | Экзамен | Итого |
|--------------|-------------------|-----------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|------------|
| ВСЕГО | 10 | 10 | 30 | 10 | 40 | 100 |
| Модуль 1 | 5 | 5 | 16 | 6 | | 32 |
| Модуль 2 | 3 | 3 | 9 | 4 | | 19 |
| Модуль 3 | 2 | 2 | 5 | | | 9 |
| Экзамен | | | | | 40 | 60 |

1.9. По результатам промежуточной аттестации студенту:

- засчитывается трудоемкость дисциплины по учебному плану в зачетных единицах;
- выставляется семестровая средневзвешенная оценка в 100-балльной шкале, характеризующая качество освоения студентом знаний, умений, и компетенций по данной дисциплине.

Семестровая оценка успешности освоения дисциплины учитывает оценку текущей успеваемости студента и оценку промежуточной аттестации.

1.10. Семестровая оценка в 100-балльной шкале переводится в традиционную четырехбалльную. Порядок перевода студента на следующий курс, ликвидации академических задолженностей и отчисления определяется в СФУ на основании традиционных оценок, а также в зависимости от общего количества зачетных единиц, полученных в семестре и количества зачетных единиц по дисциплинам группы «а».

1.5. Методика проведения промежуточной аттестации по дисциплине

После прохождения курса студенту предстоит сдать 2-часовой письменный экзамен, который считается итоговым контролем [18].

Экзамен преследует несколько целей:

- служит стимулом, способствующим систематизации и усвоению теории курса;
- позволяет студенту выбрать нужные теории и применить их на практических примерах;
- предоставляет студентам возможность продемонстрировать знание некоторых теорий, которые изучаются только в режиме лекций и самостоятельной работы и их освоение не контролируется в течение семестра.

Для допуска к экзамену студенту необходимо выполнить и защитить все самостоятельные ДЗ (6; 7; 8; 9), лабораторные работы (11). Допуск к экзамену дает преподаватель, работающий со студентом лабораторные работы.

Экзамен является обязательным элементов программы. Оценка за данный экзамен идет в диплом. В исключительных случаях – очень успешной работы в течение семестра и выполнения дополнительной творческой работы – возможно получение оценки за экзамен автоматически.

Для подготовки к экзамену студенту необходимо предоставить экзаменационные вопросы, охватывающие и систематизирующие весь материал курса, которые приведены в учебном пособии [8] (прил. 3).

Для написания экзамена студент может взять с собой материалы курса, в частности, свои конспекты лекций или какие-либо записи.

Образцы экзаменационных билетов приведены в методических указаниях по самостоятельной работе [9]. По структуре экзаменационные билеты включают теоретические и практические вопросы.

Рекомендации по подготовке к экзамену. На подготовку к экзамену обычно выделяют около трех дней. Студенты должны распределить свое время грамотно. Разумеется, необходимое для подготовки время меняется в широких пределах в зависимости от способностей студента. Это время также зависит от того, насколько тщательно и эффективно они работали в течение семестра.

Текущая аттестация студентов проводится при защите лабораторных работ и домашних заданий. Возможна защита лабораторных работ по тестовым заданиям. Тестовые задания по дисциплине «Неорганическая химия» выполнены в оболочке AST. Количество тестовых заданий для разрабатываемой дисциплины составлено из расчета не менее 10 заданий на 1 час лекций, и банк тестовых заданий для данной дисциплины включает 509 заданий. Содержание тестовых заданий соответствует требованиям Государственного образовательного стандарта. Все задания, содержащиеся в банке тестовых заданий, разделены на три части в соответствии с темами трех модулей дисциплины. Кроме того, внутри каждого модуля задания структурированы по разделам и темам. Тестовые задания соответствуют требованиям к тестовым заданиям, утвержденным приказом СФУ №533 от 11 октября 2007 г.

СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ТЕСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

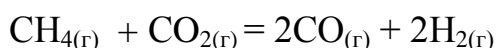
| 1 | 2 | 3 | М:1 | М:М | С | П | Д | ВСЕГО |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------|------|-----|----|-------|
| 1. Общетеоретические вопросы неорганической химии (модуль 1) | 1.1. Основные характеристики протекания химических процессов | 1.1.1. Элементы химической термодинамики | 5 | 4 | 2 | – | 8 | 19 |
| | | 1.1.2. Химическая кинетика и равновесие | 10 | 4 | 3 | | 2 | 19 |
| | 1.2. Строение атома и Периодическая система элементов Д.И. Менделеева | 1.2.1. Электронное строение атома | 10 | 3 | 7 | 3 | 3 | 26 |
| | | 1.2.2. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева | 4 | 9 | 2 | 1 | 8 | 24 |
| | 1.3. Химическая связь | 1.3.1. Ковалентная, ионная виды связи. Межмолекулярное взаимодействие | 4 | 11 | 13 | 2 | 14 | 44 |
| | 1.4. Растворы и дисперсные системы | 1.4.1. Общая характеристика. Способы выражения состава растворов и растворимость | 4 | 5 | 4 | – | 4 | 17 |
| | | 1.4.2. Водные растворы электролитов | 11 | 19 | 11 | | 2 | 43 |
| | 1.5. Электрохимические системы | 1.5.1. Окислительно-восстановительные реакции | 12 | 1 | 12 | 6 | 7 | 38 |
| | | 1.5.2. Основы электрохимии | 15 | 11 | 10 | 2 | 1 | 39 |
| | 2. Химия элементов и их соединений (модуль 2) | 2.1. Обзор химических свойств неметаллов и их соединений | 2.1.1. Распространенность в природе и способы получения | 7 | 2 | – | – | – |
| 2.1.2. Водородные и кислородсодержащие соединения неметаллов | | | 10 | 4 | 5 | 5 | 1 | 25 |
| 2.2. Комплексные соединения | | 2.2.1. Классификация и номенклатура комплексных соединений | 1 | 5 | 1 | | 3 | 10 |
| | | 2.2.2. Природа химической связи и ионные равновесия в растворах комплексных соединений | 8 | 1 | – | 2 | | 11 |
| 2.3. Свойства металлов и их соединений | | 2.3.1. Общая характеристика металлов | 23 | | 8 | | 5 | 36 |
| | | 2.3.2. Свойства s-, p-металлов и их соединений | 14 | 6 | 14 | 5 | 6 | 45 |
| | | 2.3.3. Свойства d-, f-металлов и их соединений | 18 | 7 | 5 | 3 | 9 | 42 |
| 3. Химическая идентификация и анализ вещества (модуль 3) | 3.1. Химические методы анализа | 3.1.1. Качественный анализ | 6 | 6 | 4 | | 6 | 22 |
| | | 3.1.2. Титриметрический анализ | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 15 |
| | 3.2. Инструментальные методы анализа | 3.2.1. Физико-химические методы анализа | – | 3 | 2 | | 5 | 10 |
| | | 3.2.2. Физические методы анализа | – | 5 | 2 | | 8 | 15 |
| | | ИТОГО | 166 | 111 | 106 | 31 | 95 | 509 |
| | | ИТОГО, % | 32,3 | 22,3 | 20,7 | 6,7 | 18 | 100 |

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

2.1. Общие закономерности протекания химических процессов

- Понятия основных термодинамических функций: внутренняя энергия, энтропия, энтальпия, энергия Гиббса.
- Закон Гесса и его следствие.
- Особенности термохимических уравнений.
- Понятия – «скорость реакции», «катализ», «энергия активации», «константа скорости», «константа равновесия».
- Законы химической кинетики.
- Факторы смещения равновесия (принцип Ле Шателье).

Пример 1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях* и при 1000 К (см. прил.):



| | | | | |
|-------------------------------|-----|------|-----|-----|
| ΔH^0_{298} (кДж/моль) | -75 | -393 | 110 | 0 |
| S^0_{298} (Дж/моль·К) | 186 | 214 | 198 | 131 |

Решение. По следствию из закона Гесса

$$\Delta H^0_{298} = [2(-110) + 0] - [(-75) + (-393)] = 248 \text{ кДж.}$$

$$\Delta S^0_{298} = 2(198) + 2(131) - 186 - 214 = 258 \text{ Дж/К.}$$

$$\Delta G^0_{298} = 248 - 298(0,258) = 171,1 \text{ кДж.}$$

$$\Delta G^0_{1000} = 248 - 1000(0,258) = -10 \text{ кДж.}$$

Ответ: $\Delta G^0_{298} > 0$, реакция при стандартных условиях невозможна.

$\Delta G^0_{1000} < 0$, реакция возможна.

Пример 2. Вычислите, во сколько раз увеличится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при повышении температуры от 30 до 70 °С, если температурный коэффициент равен 2.

Решение. Зависимость скорости химической реакции от температуры определяется эмпирическим правилом Вант-Гоффа по формуле

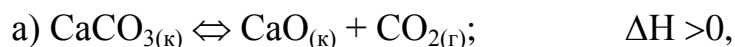
$$V_{t_2} = V_{t_1} \cdot \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = V_{t_1} \cdot 2^{\frac{70 - 30}{10}} = 16V_{t_1}$$

Ответ: Скорость реакции V_{t_2} при 70 °С больше скорости реакции V_{t_1} при 30 °С в 16 раз.



*Стандартные условия: $P = 101,3$ кПа; $T = 25^\circ\text{C} = 298$ К; концентрация 1 моль/л.

Пример 3. Составьте выражение константы равновесия для процессов:



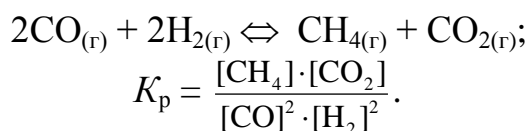
Укажите, как повлияет на равновесие в этих системах: а) уменьшение температуры, б) увеличение давления.

Решение. Для гетерогенной реакции $\text{CaCO}_{3(\text{к})} \rightleftharpoons \text{CaO}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{г})}$
 $[\text{CaCO}_3] = [\text{CaO}] = \text{const}$ (не влияет на скорость химической реакции).

Следовательно, $K_p = [\text{CO}_2]$.

Согласно принципу Ле-Шателье при уменьшении температуры равновесие сместится в сторону экзотермической реакции, т. е. влево. При увеличении давления равновесие сместится в сторону меньших объемов, т. е. влево.

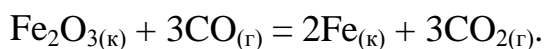
Для гомогенной реакции



Ответ: при уменьшении температуры равновесие сместится в сторону экзотермической реакции, т. е. вправо. При увеличении давления в системе равновесие сместится в сторону меньших объемов, т. е. вправо.

Вариант 1

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):



2. Скорость некоторой реакции при 0°C примем за единицу. Вычислите скорость той же реакции при 100°C , если температурный коэффициент $\gamma = 3$.

3. Укажите, как повлияет на равновесие в системе:

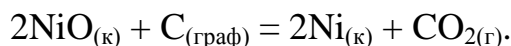


а) увеличение температуры, б) уменьшение давления.

Составьте выражение константы равновесия для данного обратимого процесса.

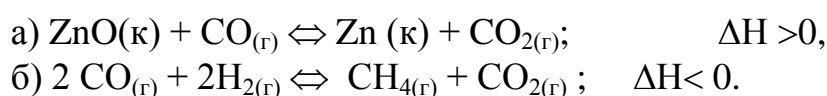
Вариант 2

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):



2. Температурный коэффициент скорости некоторой реакции равен 2,3. Укажите, как изменяется скорость этой реакции при повышении температуры на 20 °С.

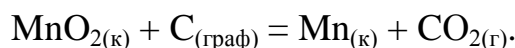
3. Составьте выражение константы равновесия для реакций:



Укажите, как повлияет на равновесие в этих системах: а) уменьшение температуры, б) увеличение давления.

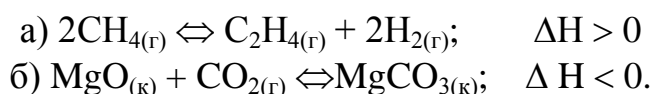
Вариант 3

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):



2. Вычислите температурный коэффициент скорости реакции, если при повышении температуры на 30 °С скорость реакции возрастает в 27 раз.

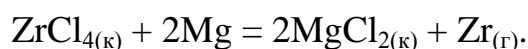
3. Составьте выражение константы равновесия для процессов:



Укажите, как повлияет повышение температуры на равновесие в этих системах.

Вариант 4

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):



2. При повышении температуры на 40 °С скорость реакции увеличилась в 16 раз. Вычислите температурный коэффициент γ .

3. Укажите, в какую сторону сместится равновесие в обратимых реакциях

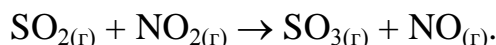


при увеличении температуры; при уменьшении давления в системе.

Составьте выражение константы равновесия для каждой реакции.

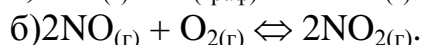
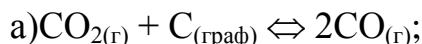
Вариант 5

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):



2. При понижении температуры на 20 °С скорость реакции уменьшилась в 64 раза. Вычислите температурный коэффициент γ .

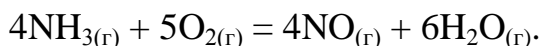
3. Укажите, как сместится равновесие при сжатии следующих систем:



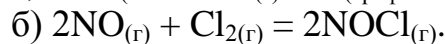
Составьте выражение константы равновесия для каждой из этих реакций.

Вариант 6

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):



2. Составьте кинетическое уравнение для прямой реакции



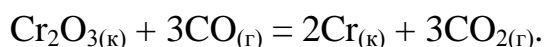
Укажите, как изменится скорость каждой реакции при увеличении давления в 3 раза.

3. Укажите, как следует изменить: а) температуру, б) давление, в) концентрацию, чтобы сместить равновесие в системе в сторону продукта реакции SO_3 :

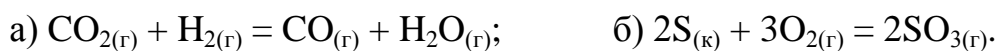


Вариант 7

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):

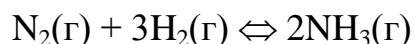


2. Составьте кинетическое уравнение для прямой реакции

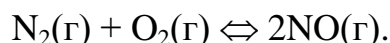


Укажите, как изменится скорость реакций при повышении давления в 2 раза.

3. Объясните, почему при изменении давления смещается равновесие в системе:



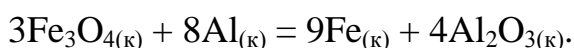
и не смещается равновесие в системе



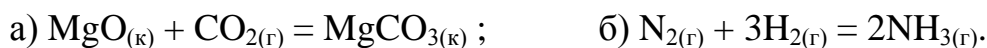
Ответ мотивируйте на основании расчета скорости прямой и обратной реакции до и после изменения давления. Напишите выражение константы равновесия для каждой из этих реакций.

Вариант 8

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):

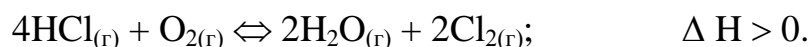


2. Составьте кинетическое уравнение для прямой реакции



Укажите, как изменится скорость каждой реакции при понижении давления в системе в 2 раза.

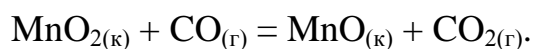
3. Укажите, как следует изменить: а) температуру, б) давление, чтобы повысить выход хлора:



Составьте выражение константы равновесия для данного процесса.

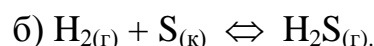
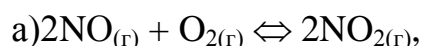
Вариант 9

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):



2. В реакции $\text{CO}_{2(\text{г})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})} = \text{CH}_3\text{OH}_{(\text{г})} + 3/2\text{O}_{2(\text{г})}$ концентрацию CO_2 уменьшили в 4 раза. Укажите, как изменится скорость прямой реакции.

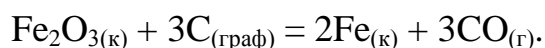
3. Укажите, в каком направлении произойдет смещение равновесия при повышении давления в системах



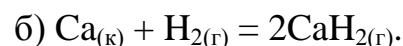
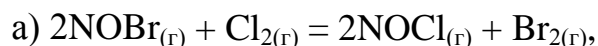
Составьте выражение константы равновесия для этих систем.

Вариант 10

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил.](#)):

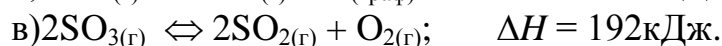
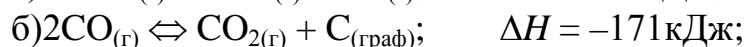
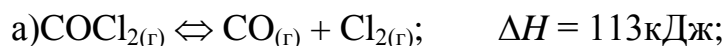


2. Укажите, как изменится скорость прямой реакции:



при повышении давления в системе в 2 раза.

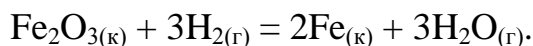
3. Укажите, в каком направлении произойдет смещение равновесия при повышении температуры реакции:



Составьте выражение константы равновесия для каждой из этих реакций.

Вариант 11

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил., табл.](#)):

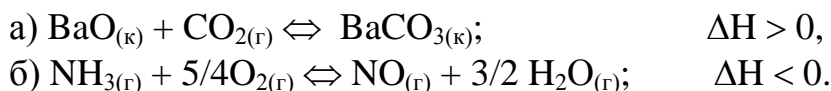


2. Составьте кинетическое уравнение для прямой реакции:



Укажите, как изменится скорость реакции при увеличении давления в системе в 2 раза.

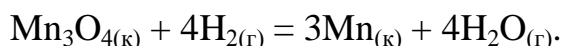
3. Составьте выражение константы равновесия для каждой реакции:



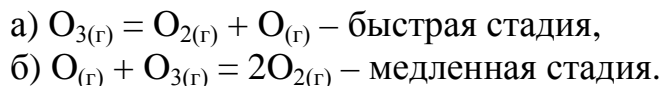
Укажите, как следует изменить: а) температуру, б) давление, чтобы повысить выход продуктов реакции.

Вариант 12

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил., табл.](#)):

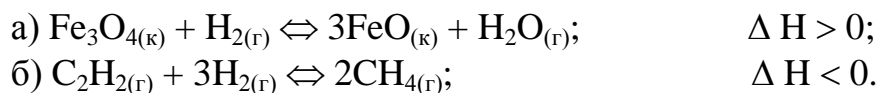


2. Составьте кинетическое уравнение процесса $2\text{O}_{3(\text{г})} = 3\text{O}_{2(\text{г})}$, если известно, что реакция протекает в две стадии:



Укажите, как изменится скорость реакции при повышении давления в системе в 2 раза.

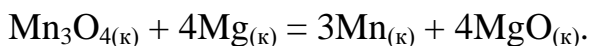
3. Укажите, как следует изменить: а) температуру, б) давление, в) концентрацию исходных веществ, чтобы сместить равновесие в сторону продуктов реакции:



Составьте выражение константы равновесия для приведенных систем.

Вариант 13

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил., табл.](#)):



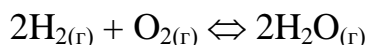
2. Укажите, как изменится скорость реакции разложения N_2O_5 при увеличении концентрации N_2O_5 в 2 раза, если известно, что реакция протекает в несколько стадий:

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

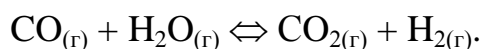
2.1. Общие закономерности протекания химических процессов

- а) $\text{N}_2\text{O}_{5(\text{г})} = \text{N}_2\text{O}_{3(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})}$ – медленная стадия;
б) $\text{N}_2\text{O}_{3(\text{г})} = \text{NO}_{2(\text{г})} + \text{NO}_{(\text{г})}$ – быстрая стадия;
в) $\text{NO}_{(\text{г})} + \text{N}_2\text{O}_{5(\text{г})} = 3\text{NO}_{2(\text{г})}$ – быстрая стадия;
г) $2\text{NO}_{2(\text{г})} = \text{N}_2\text{O}_{4(\text{г})}$ – быстрая стадия.

3. Укажите, почему при изменении давления смещается равновесие в системе:



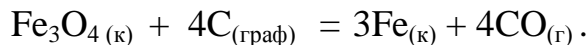
и не смещается равновесие в системе



Ответ мотивируйте на основании расчета скорости прямой и обратной реакции до и после изменения давления в системе.

Вариант 14

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил., табл.](#)):



2. Составьте кинетические уравнения для процессов:

- а) $2\text{CO}_{(\text{г})} = \text{CO}_{2(\text{г})} + \text{C}_{(\text{граф})}$;
б) $2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{Cl}_{2(\text{г})} = 2\text{NOCl}_{(\text{г})}$.

Укажите, как изменится скорость этих реакций при повышении давления в системе в 3 раза.

3. Укажите, в какую сторону сместится равновесие в обратимых реакциях:

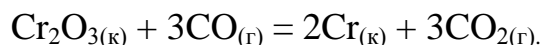
- а) $\text{PCl}_3(\text{г}) + \text{Cl}_2(\text{г}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{г})$; $\Delta H > 0$;
б) $\text{N}_2(\text{г}) + 3\text{H}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{г})$; $\Delta H < 0$.

а) при увеличении температуры, б) при уменьшении давления.

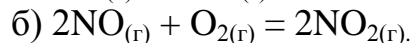
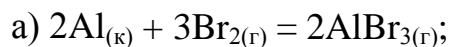
Вариант 15

1. Определите возможность протекания процесса при стандартных условиях и при 1000 К ([см. прил., табл.](#)):



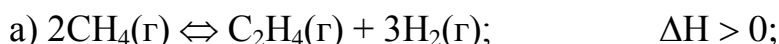


2. Составьте кинетическое уравнение для реакций



Укажите, как изменится скорость этих реакций при повышении давления в системе в 2 раза.

3. Составьте выражение константы равновесия для процессов:



Укажите, как повлияет повышение температуры на равновесие в этих системах.

2.2. Строение атома и Периодическая система Д. И. Менделеева

- Квантовые числа.
- Принцип Паули и следствия из принципа Паули.
- Правило Гунда.
- Правило Клечковского.
- Понятия – «период», «семейство», «группа», «подгруппа», «степень окисления».

Пример 1. Определите набор квантовых чисел для состояния электронов



Решение. Определим набор квантовых чисел для данных состояний.



$$n = 4$$

$$l = 1$$

$$m_l = -1 \ 0 \ +1$$

$$m_s = \pm 1/2$$



$$n = 5$$

$$l = 2$$

$$m_l = -2 \ -1 \ 0 \ +1 \ +2$$

$$m_s = +1/2$$



$$n = 3$$

$$l = 0$$

$$m_l = 0$$

$$m_s = \pm 1/2$$

Пример 2. Определите последовательность заполнения электронами подуровней 3d, 4s, 4p.

Решение. Определим сумму главного и орбитального квантовых чисел для подуровней 3d, 4s, 4p.

$$3d: \quad n = 3, \quad l = 2; \quad (n + l) = 5,$$

$$4s: n = 4, \quad \ell = 0; \quad (n + \ell) = 4,$$

$$4p: n = 4, \quad \ell = 1; \quad (n + \ell) = 5.$$

Последовательность заполнения электронами подуровней такая:
4s, 3d, 4p.

Пример 3. Напишите электронные формулы атомов кальция и титана. Укажите, к какому семейству элементов они относятся.

Решение. Кальций и титан – элементы IV периода и атомы их имеют 4 электронных слоя.

Электронная формула кальция: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$.

Электронная формула титана: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$.

Кальций s-элемент, титан d-элемент.

Вариант 1

1. Укажите набор квантовых чисел для энергетических состояний

$$1s^2; \quad 5p^2; \quad 4f^2.$$

2. По указанным конфигурациям валентных электронов

$$5s^2 5p^5; \quad 4s^2 3d^2$$

определите:

а) место элемента в Периодической системе (период, группу, подгруппу);

б) распределение электронов для данного элемента по слоям;

в) высшую степень окисления.

3. Напишите полную электронную формулу атома Bi, иона Bi^{3+} , атома брома, иона Br^- .

Вариант 2

1. Укажите набор квантовых чисел для энергетических состояний

$$5s^2; \quad 3d^2; \quad 7p^2.$$

2. По указанным конфигурациям валентных электронов

$$5s^2 4d^9; \quad 2s^2 2p^4$$

определите:

а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);

б) распределение электронов для данного элемента по слоям;

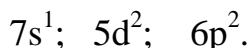
в) высшую степень окисления;

г) формулу высшего оксида.

3. Напишите полную электронную формулу и электронно-графические формулы валентных электронов атома Fe, ионов Fe^{2+} , Fe^{3+} .

Вариант 3

1. Укажите набор квантовых чисел для энергетических состояний



2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);

б) распределение электронов для данного элемента по слоям;

в) возможные степени окисления.

3. Напишите полные электронные формулы атомов кремния, рутения.

Вариант 4

1. Укажите максимальное количество электронов в атоме, содержащем три энергетических уровня.

2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);

б) распределение электронов для данного элемента по слоям;

в) возможные степени окисления.

3. Напишите полную электронную формулу атомов Ba, Ge, Ni, Ce.

Укажите, к какому электронному семейству относится каждый элемент.

Вариант 5

1. Напишите полные электронные формулы атомов рубидия, циркония, фосфора, ксенона.

2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);

б) распределение электронов для данного элемента по слоям;

в) высшую степень окисления.

3. Напишите полную электронную конфигурацию элемента, содержащего на 3d-подуровне максимальное количество неспаренных электронов.

Вариант 6

1. Напишите электронные конфигурации последнего уровня атомов стронция, титана, селена, аргона.

2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
- б) распределение электронов по уровням;
- в) высшую степень окисления. Приведите примеры соединений в этой степени окисления.

3. Приведите полную электронную формулу элемента, содержащего на 4d-подуровне максимальное число электронов.

Вариант 7

1. Укажите последовательность заполнения электронных орбиталей 5d 6f 7s через сумму (n + 1) (принцип наименьшей энергии).

2. По указанным конфигурациям валентных электронов

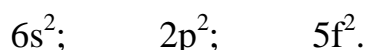


определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
 - б) распределение электронов для данного элемента по слоям;
 - в) возможные степени окисления.
3. Составьте полную электронную и электронно-графическую формулу атомов йода в нормальном и возбужденном состояниях. Напишите формулу высшего оксида йода и формулу соединения этого элемента с водородом.

Вариант 8

1. Укажите набор квантовых чисел для энергетических состояний



2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
 - б) распределение электронов для данного элемента по слоям;
 - в) возможные степени окисления.
3. Напишите полные электронные формулы атомов элементов IV периода – калия, скандия, марганца, мышьяка. Укажите, к какому электронному семейству относится каждый элемент.

Вариант 9

1. Укажите последовательность заполнения электронных оболочек 4f, 5s, 5p, 5d, 6s через сумму (n + 1).

2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
- б) распределение электронов данного элемента по слоям;
- в) возможные степени окисления.

3. Напишите полные электронные формулы и изобразите электронно-графические формулы атомов кремния и серы в нормальном и возбужденном состояниях.

Вариант 10

1. Укажите максимальное возможное число орбиталей, соответствующих d-подуровню.

2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

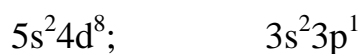
- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
- б) распределение электронов для данного элемента по слоям;
- в) возможные степени окисления.

3. Напишите полные электронные формулы атомов серебра, висмута, гафния. Укажите, к какому электронному семейству относится каждый элемент.

Вариант 11

1. Изобразите электронно-графические формулы атомов фтора и брома в нормальном и возбужденном состояниях.

2. По указанным конфигурациям валентных электронов



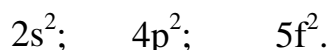
определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
- б) распределение электронов для данного элемента по слоям;
- в) возможные степени окисления.

3. Напишите полные электронные формулы атомов мышьяка, хрома, аргона. Укажите, к какому электронному семейству относится каждый элемент.

Вариант 12

1. Укажите набор квантовых чисел для энергетических состояний:



2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
 - б) распределение электронов для данного элемента по слоям;
 - в) возможные степени окисления.
3. Напишите полную электронную формулу и изобразите электронно-графическую формулу валентных электронов атома ванадия.

Вариант 13

1. Изобразите электронно-графические формулы атомов фосфора и олова в нормальном и возбужденном состояниях.

2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
 - б) распределение электронов для данного элемента по слоям;
 - в) возможные степени окисления.
3. Напишите полные электронные формулы атомов элементов алюминия, калия, ртути. Укажите, к какому электронному семейству относится каждый элемент.

Вариант 14

1. Укажите последовательность заполнения электронных оболочек 4f 5s 5p 5d 6s через сумму $(n + 1)$.

2. По указанным конфигурациям валентных электронов

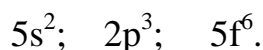


определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
 - б) распределение электронов данного элемента по слоям;
 - в) возможные степени окисления.
3. Напишите полные электронные формулы и изобразите электронно-графические формулы атомов кремния и серы в нормальном и возбужденном состояниях.

Вариант 15

1. Укажите все квантовые числа для энергетических состояний:



2. По указанным конфигурациям валентных электронов



определите:

- а) место элемента в Периодической таблице (период, группу, подгруппу);
- б) распределение электронов для данного элемента по слоям;
- в) возможные степени окисления.

3. Напишите полные электронные формулы атомов элементов IV периода – калия, скандия, марганца, мышьяка. Укажите, к какому электронному семейству относится каждый элемент.

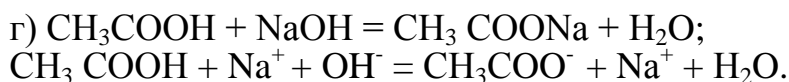
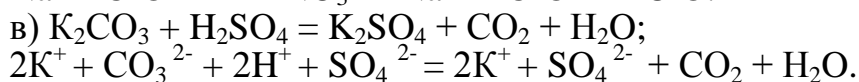
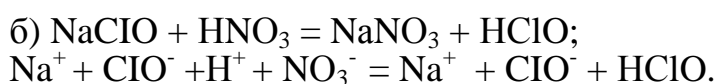
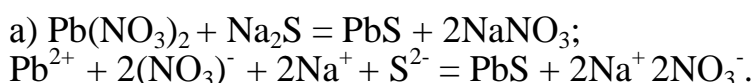
2. 3. Растворы электролитов

- Понятия: кислота, основание, соль. Их диссоциация в растворе.
- Сильные и слабые электролиты, степень диссоциации, константа диссоциации.
- Обменные реакции. Молекулярные и ионно-молекулярные уравнения.
- Водородный показатель.
- Гидролиз солей.

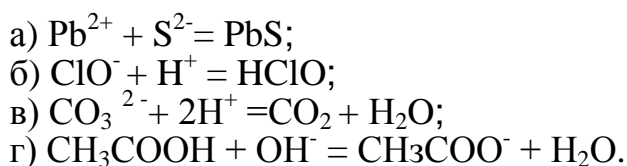
Пример 1. Напишите ионно-молекулярные уравнения реакций взаимодействия между водными растворами следующих веществ:

- а) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и Na_2S ;
- б) NaClO и HNO_3 ;
- в) K_2CO_3 и H_2SO_4 ;
- г) CH_3COOH и NaOH .

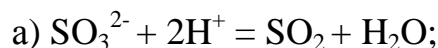
Решение. Запишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



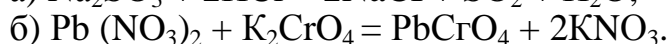
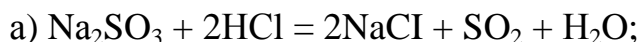
Исключив одинаковые ионы из обеих частей равенства, получим краткие ионно-молекулярные уравнения соответствующих реакций:



Пример 2. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют ионно-молекулярные уравнения:



Молекулярные уравнения реакций:



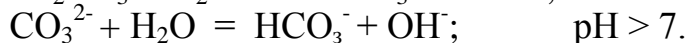
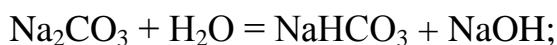
Пример 3. Составьте ионно-молекулярные и молекулярные уравнения гидролиза солей



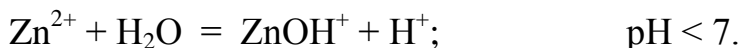
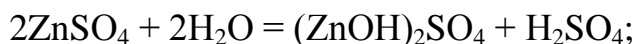
Определите реакцию среды растворов этих солей.

Решение. 1) KCl – соль, образованная сильными кислотой и основанием не подвергается гидролизу. pH остается близким к 7.

2) Карбонат натрия Na_2CO_3 — соль слабой многоосновной кислоты и сильного основания, гидролиз протекает по аниону по первой ступени. Молекулярное и ионно-молекулярное уравнения гидролиза имеют вид



3) ZnSO_4 – соль слабого многокислотного основания $\text{Zn}(\text{OH})_2$ и сильной кислоты H_2SO_4 . Гидролиз протекает по аниону по первой ступени. Молекулярное и ионно-молекулярное уравнения гидролиза имеют вид

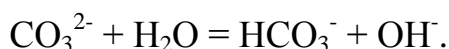


4) Al_2S_3 – соль, образованная слабым основанием и слабой кислотой, гидролизруется необратимо полно. Такие соли не растворимы в воде или водные растворы этих соединений не существуют

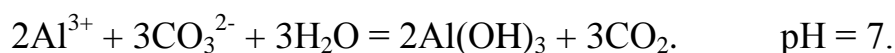


Пример 4. Укажите, какие продукты образуются при смешивании растворов $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ и K_2CO_3 . Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакций.

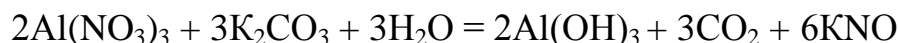
Решение. Соль $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ гидролизруется по катиону, а K_2CO_3 – по аниону: $\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} = \text{AlOH}^{2+} + \text{H}^+;$



Ионно-молекулярное уравнение имеет вид



Запишем полное молекулярное уравнение совместного гидролиза:



Пример 5. Вычислите концентрацию гидроксид-ионов (моль/л) в растворе, pH которого равен 8.

Решение. $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 8$; $\text{pOH} = -\lg[\text{OH}^-]$; $\text{pH} + \text{pOH} = 14$.

$\text{pOH} = 14 - 8 = 6$. Следовательно, $[\text{OH}^-] = 10^{-6}$.

Пример 6. Рассчитайте pH 0,01M раствора HClO_2 , ($\alpha = 0,001$),

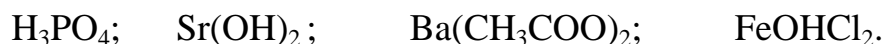
Решение. $\text{HClO}_2 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}_2^-$

$[\text{H}^+] = C_m \cdot \alpha = 0,01 \cdot 0,001 = 0,00001 = 10^{-5}$.

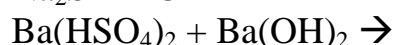
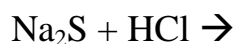
Следовательно, $\text{pH} = 5$.

Вариант 1

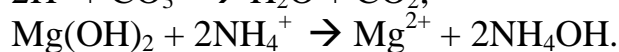
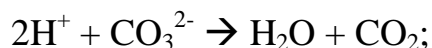
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



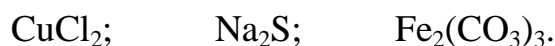
2. Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакций:



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



4. Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора



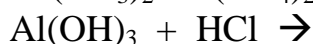
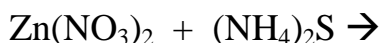
5. Вычислите pH 0,001 M раствора HBrO ($\alpha = 0,1$).

Вариант 2

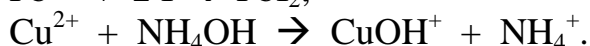
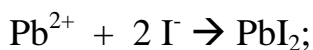
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов:



2. Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза следующих солей и укажите реакцию среды растворов



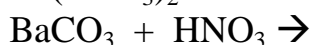
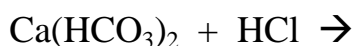
5. Вычислите концентрацию гидроксид-ионов (моль/л) в растворе, рН которого равен 9.

Вариант 3

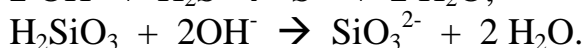
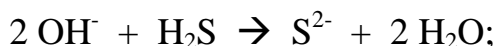
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей, укажите реакцию среды раствора



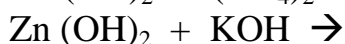
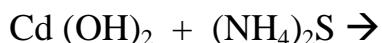
5. Вычислите концентрацию ионов водорода (моль/л) в растворе, рОН которого равен 3.

Вариант 4

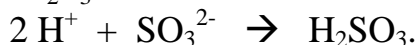
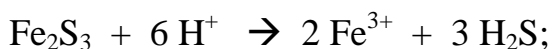
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов:



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций:



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза следующих солей и укажите реакцию среды раствора:



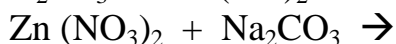
5. Рассчитайте pH 0,001M раствора HClO_2 , ($\alpha = 0,001$).

Вариант 5

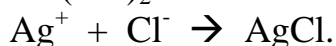
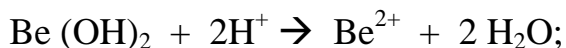
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



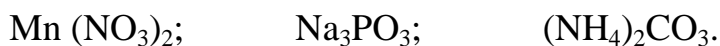
2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



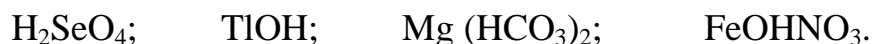
4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза следующих солей и укажите реакцию среды раствора:



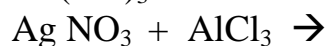
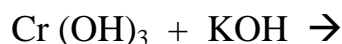
5. Вычислите концентрацию ионов водорода (моль/л) в растворе, pH которого равен 5.

Вариант 6

1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза следующих солей и укажите реакцию среды раствора:



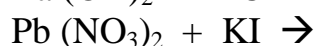
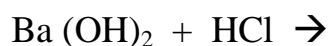
5. Рассчитайте значение рОН раствора с концентрацией ионов водорода 10^{-3} моль/л.

Вариант 7

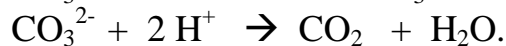
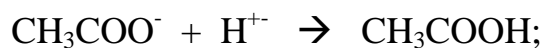
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов:



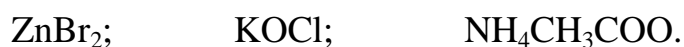
2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:



5. Определите рН 0,001 М раствора уксусной кислоты ($\alpha = 0,001$).

Вариант 8

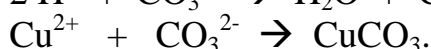
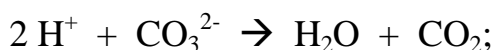
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов:



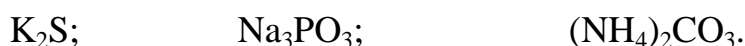
2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций:



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:



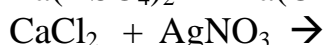
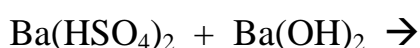
5. Вычислите концентрацию гидроксид-ионов (моль/л) в растворе, pH которого равен 10.

Вариант 9

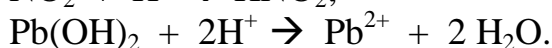
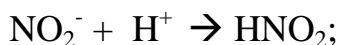
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов:



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:



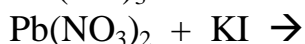
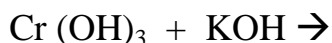
5. Вычислите pH 0,001M раствора хлорной кислоты HClO_4 , ($\alpha = 1$).

Вариант 10

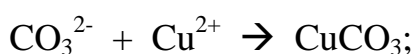
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



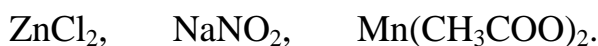
2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций:



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



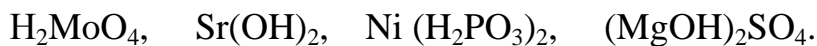
4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:



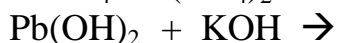
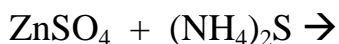
5. Определите pH 0,01M раствора уксусной кислоты CH_3COOH , ($\alpha = 0,001$).

Вариант 11

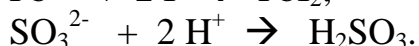
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций:



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:



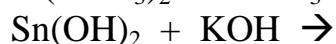
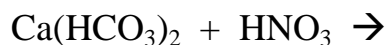
5. Вычислить концентрацию OH^- -ионов в растворе (моль/л), pH которого равен 3.

Вариант 12

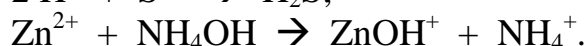
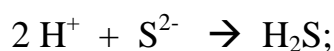
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют ионно-молекулярные уравнения:



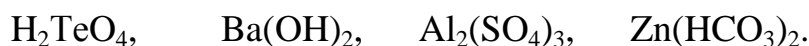
4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:



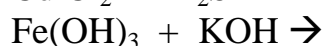
5. Определите pH раствора NH_4OH , если $C_{\text{M}} = 0,01$, ($\alpha = 0,001$).

Вариант 13

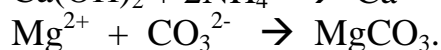
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



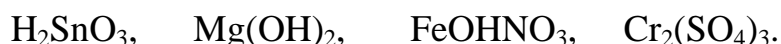
4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора;



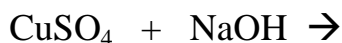
5. Вычислите концентрацию ионов водорода в растворе (моль/л), pH которого равен 5.

Вариант 14

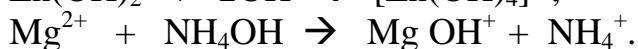
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



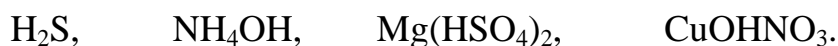
4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:



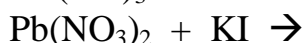
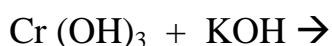
5. Определите pH 0,1M раствора HBr, ($\alpha = 1$).

Вариант 15

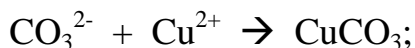
1. Напишите уравнения электролитической диссоциации растворов



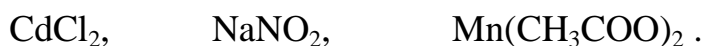
2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций



3. Составьте молекулярные уравнения реакций, которым соответствуют данные ионно-молекулярные уравнения:



4. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза солей и укажите реакцию среды раствора:

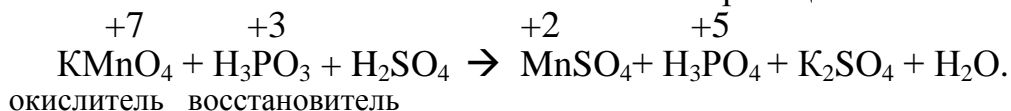


5. Определите pH 0,01M раствора NH_4OH , ($\alpha = 0,001$).

2.4. Окислительно-восстановительные реакции

- Понятия: «окисление», «восстановление», «окислитель», «восстановитель».
- Типичные окислители и восстановители.
- Типы окислительно-восстановительных реакций.
- Методы составления уравнений окисления-восстановления.
- Стандартные окислительно-восстановительные (электродные) потенциалы (E^0).
- ЭДС окислительно-восстановительных реакций.

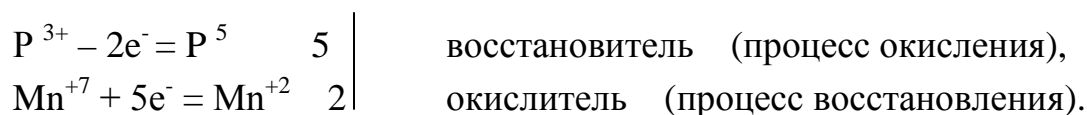
Пример 1. Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции методами *полуравнений* и *электронного баланса*. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях* и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите тип окислительно-восстановительной реакции.



* Стандартные условия: $T = 298 \text{ K}$; концентрация раствора (активность ионов) – 1 моль/л.

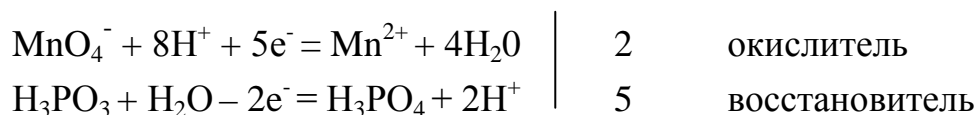
Решение. Коэффициенты определяем методом *электронного баланса*:

- рассчитываем степень окисления элементов;
- определяем восстановитель и окислитель;
- составляем уравнения электронного баланса:



Коэффициенты определяем методом *ионно-электронного баланса* (метод *полуравнений*).

Составляем уравнения полуравнений:



С учетом коэффициентов уравнение реакции будет иметь вид



$$\text{ЭДС} = E^0_{\text{ок}} - E^0_{\text{восст}};$$

$$\text{ЭДС} = E^0_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} - E^0_{\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_3\text{PO}_3} = 1,51 - (-0,28) = 1,79 \text{ (В)}.$$

$\text{ЭДС} > 0$, реакция протекает в прямом направлении.

Тип ОВР – межмолекулярное окисление – восстановление.

Вариант 1

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях* для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{NaI} + \text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \text{MnSO}_4 + \dots$
2. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} + \dots$
3. $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \dots$
4. $\text{Cl}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KClO}_3 + \dots$

* Стандартные условия: $T = 298 \text{ K}$; концентрация раствора (активность ионов) – 1 моль/л.

Вариант 2

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$
2. $\text{CrCl}_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \dots$
3. $\text{NO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_2 + \dots$
4. $\text{KBrO}_3 \rightarrow \text{KBr} + \text{O}_2$

Вариант 3

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{O}_2 + \dots$
2. $\text{HNO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{NO} + \dots$
3. $\text{S} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_3 + \dots$
4. $\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_3 + \dots$

Вариант 4

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{Na}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{S} + \dots$
2. $\text{PH}_3 + \text{KClO} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + \dots$
3. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{CuO} + \dots$
4. $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$.

Вариант 5

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

* Стандартные условия: $T = 298 \text{ K}$; концентрация раствора (активность ионов) – 1 моль/л.

1. $\text{KI} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{I}_2 + \dots$
2. $\text{FeCl}_2 + \text{KClO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \dots$
3. $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + \dots$
4. $\text{P} + \text{KOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{KH}_2\text{PO}_2 + \text{PH}_3$.

Вариант 6

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$
2. $\text{Zn} + \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{AsH}_3 + \dots$
3. $\text{Te} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{TeO}_3 + \dots$
4. $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$

Вариант 7

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$
2. $\text{Zn} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{ZnO}_2 + \text{KCrO}_2 + \dots$
3. $\text{I}_2 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}(\text{IO}_3)_2 + \dots$
4. $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$

Вариант 8

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{Al} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \dots$
2. $\text{NO} + \text{PbO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{PbO}_2 + \dots$
3. $\text{HClO}_3 \rightarrow \text{HClO}_4 + \text{HCl}$
4. $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Вариант 9

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{CrCl}_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \dots$
2. $\text{Sb}_2\text{O}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{H}_3\text{SbO}_4 + \dots$
3. $\text{K}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{S} + \dots$
4. $\text{CuI}_2 \rightarrow \text{CuI} + \text{I}_2$

Вариант 10

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{NaClO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \dots$
2. $\text{MnO}_2 + \text{BaO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots$
3. $\text{P}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3 + \dots$
4. $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{NiO} + \dots$

Вариант 11

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{MnO}_2 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots$
2. $\text{Zn} + \text{K}_2\text{MoO}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{MoCl}_3 + \dots$
3. $\text{NO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \text{KNO}_2 + \dots$
4. $\text{PCl}_5 \rightarrow \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$

Вариант 12

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{NaI} + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{I}_2 + \dots$
2. $\text{MnSO}_4 + \text{KClO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \dots$
3. $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + \dots$
4. $\text{KBrO}_3 \rightarrow \text{KBr} + \text{O}_2$

Вариант 13

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{ZnS} + \text{KMnO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{S} + \dots$
2. $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \dots$
3. $\text{NaClO} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NaClO}_2$
4. $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Ag} + \dots$

Вариант 14

Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 + \text{PbO}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{HMnO}_4 + \dots$
2. $\text{Al} + \text{KNO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{NH}_3 + \dots$
3. $\text{TiCl}_3 \rightarrow \text{TiCl}_2 + \dots$
4. $\text{PbO}_2 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$

Вариант 15

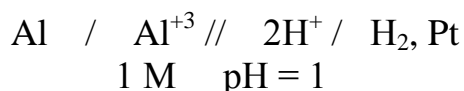
Составьте уравнения окислительно-восстановительных реакций методами полуреакций и электронного баланса. Рассчитайте ЭДС при стандартных условиях для реакции (1) и сделайте вывод о возможности ее протекания. Укажите типы окислительно-восстановительных реакций.

1. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{PbO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{O}_2 + \dots$
2. $\text{Zn} + \text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{AsH}_3 + \dots$
3. $\text{Te} + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{TeO}_3 + \dots$
4. $\text{KMnO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$.

2.5. Элементы электрохимии

- Понятия: «стандартный электродный потенциал», «гальванический элемент», «коррозия металлов», «электролиз».
- Гальванический элемент. Особенности концентрационного гальванического элемента. Уравнение Нернста.
- ЭДС гальванического элемента.
- Электролиз расплавов и растворов электролитов. Электролиз с растворимым анодом.
- Законы Фарадея.
- Коррозия металлов. Меры защиты металлов от коррозии.

Пример 1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС гальванического элемента.

Решение. Электродный потенциал электрода E зависит от концентрации его ионов в растворе. Эта зависимость выражается уравнением Нернста

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg C ,$$

где E^0 – стандартный электродный потенциал, В;

n – число электронов, принимающих участие в процессе;

C – концентрация ионов металла в растворе, моль/л.

Для водородного электрода уравнение Нернста имеет вид

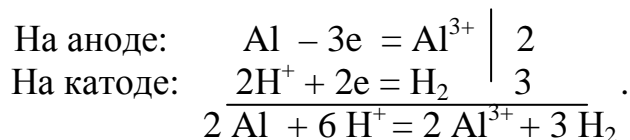
$$E = -0,059 \text{ pH}.$$

Электродные потенциалы алюминия и водорода равны:

$$E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} = E^0_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}} + \frac{0,059}{3} \lg[\text{Al}^{3+}] = -1,72 \text{ В};$$

$$E_{2\text{H}^+/\text{H}_2} = -0,059 \cdot 1 = -0,059 \text{ В}.$$

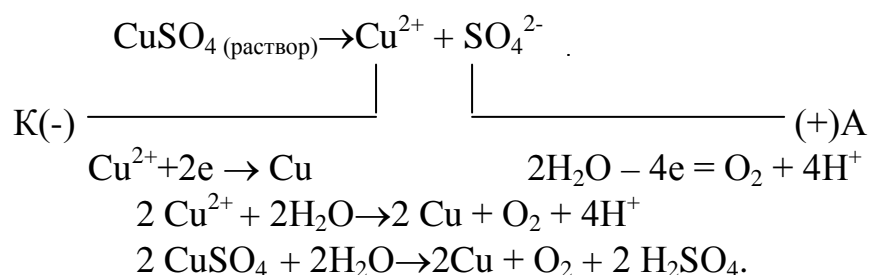
Электродный потенциал алюминия меньше, чем электродный потенциал водорода, следовательно, алюминий является отрицательным электродом (анодом), водород – положительным электродом (катодом).



$$\text{ЭДС} = 0,059 - (-1,72) = 1,78 \text{ В.}$$

Пример 2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли CuSO_4 . Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48250 Кл электричества.

Решение.



Согласно закону Фарадея

$$m = \frac{\text{Э} \cdot I \cdot \tau}{F} = \frac{\text{Э} \cdot Q}{F} = \frac{31,75 \cdot 48250}{96500} = 15,88 \text{ г};$$

здесь m – масса вещества, окисленного или восстановленного на электроде, г;

Э – молярная масса эквивалента вещества, г/моль;

I – сила тока, А;

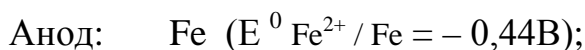
τ – время электролиза, с;

Q – количество электричества, равное $I \cdot \tau$, Кл;

F – число Фарадея, равное 96500 Кл.

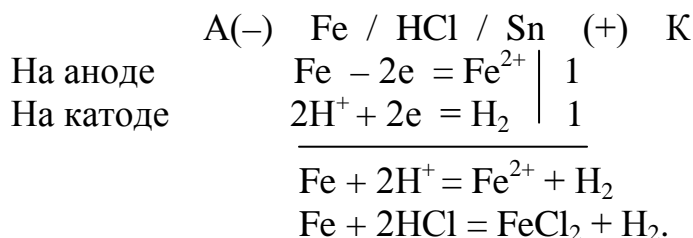
Пример 3. Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов для луженого железа с кислородной и водородной деполаризацией.

Решение. При контакте металлов в среде электролита образуется гальванический элемент.

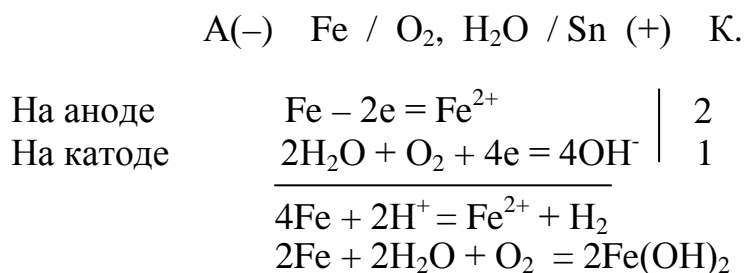


Катод: Sn ($E^0 \text{Sn}^{2+} / \text{Sn} = -0,14\text{В}$),

С водородной деполяризацией:

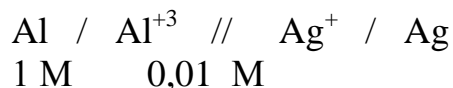


С кислородной деполяризацией:



Вариант 1

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

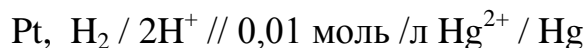
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли ZnSO_4 . Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48250 Кл электричества.

3. Составьте уравнения анодного и катодного процессов луженой меди с кислородной и водородной деполяризацией.

Вариант 2

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

- электродные потенциалы электродов;

- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли K_2SO_4 . Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропустили ток силой 5 А в течение 30 мин.

3. Как происходит атмосферная коррозия оцинкованного железа при нарушении покрытия? Составьте уравнения анодного и катодного процессов.

Вариант 3

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

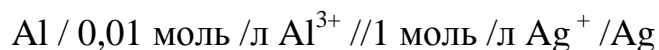
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $CuSO_4$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 250 Кл электричества.

3. Объясните, в чем сущность протекторной защиты металлов от коррозии? Приведите пример протекторной защиты железа в электролите, содержащем растворенный кислород. Составьте уравнения анодного и катодного процессов.

Вариант 4

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

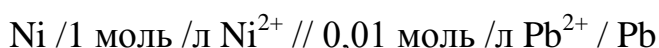
2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $AgNO_3$.

Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48250 Кл электричества.

3. Железное изделие покрыли никелем. Какое это покрытие – анодное или катодное? Почему? Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении покрытия во влажном воздухе и в соляной кислоте. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

Вариант 5

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

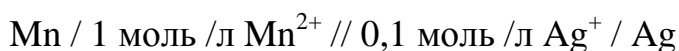
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли CuSO_4 . Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48250 Кл электричества.

3. Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов хромированного железа с кислородной и водородной деполяризацией при нарушении покрытия.

Вариант 6

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли FeCl_3 .

Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропустили ток силой 3 А в течение 30 мин.

3. В раствор соляной кислоты поместили цинковую пластинку и цинковую пластинку, частично покрытую медью. В каком случае процесс коррозии цинка происходит интенсивнее? Ответ мотивируйте, составив ионно-электронные уравнения соответствующих процессов.

Вариант 7

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

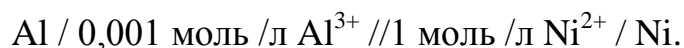
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропустили ток силой 5 А в течение 30 мин.

3. Объясните, какое покрытие металла называется анодным и катодным. Назовите несколько металлов, которые могут служить для анодного и катодного покрытия железа. Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов, происходящих при коррозии железа, покрытого медью, во влажном воздухе и в кислой среде.

Вариант 8

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

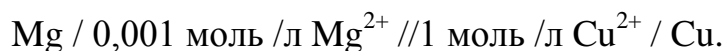
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли CuCl_2 . Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 500 Кл электричества.

3. Железное изделие покрыли кадмием. Какое это покрытие – анодное или катодное? Почему? Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении покрытия во влажном воздухе и в соляной кислоте. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

Вариант 9

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

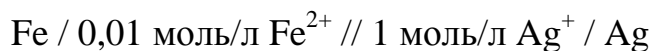
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 24500 Кл электричества.

3. Железное изделие покрыли свинцом. Какое это покрытие – анодное или катодное? Почему? Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этого изделия при нарушении покрытия во влажном воздухе и в соляной кислоте. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

Вариант 10

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48 250 Кл электричества.

3. Две железные пластинки, частично покрытые одно – оловом, другая – медью, находятся во влажном воздухе. На какой из этих пластинок быстрее образуется ржавчина? Почему? Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов коррозии этих пластинок. Укажите состав продуктов коррозии железа.

Вариант 11

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

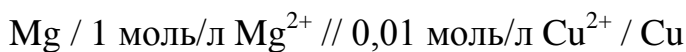
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли KI. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48 250 Кл электричества.

3. Укажите, какой металл целесообразней выбрать для протекторной защиты от коррозии свинцовой оболочки кабеля: цинк, магний или хром. Почему? Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов атмосферной коррозии свинца при нарушении покрытия. Какой состав продуктов коррозии?

Вариант 12

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

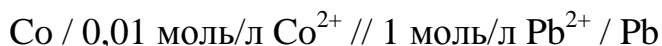
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли ZnSO₄. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропустили ток силой 10 А в течение 30 мин.

3. В раствор электролита, содержащего растворенный кислород, опустили цинковую пластинку и цинковую пластинку, частично покрытую медью. В каком случае процесс коррозии цинка проходит интенсивнее? Составьте ионно-электронное уравнение анодного и катодного процессов.

Вариант 13

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

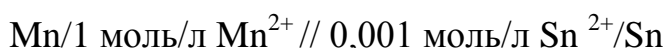
- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $\text{Sn}(\text{NO}_3)_2$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48 250 Кл электричества.

3. Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов при коррозии железа, покрытого алюминием, во влажном воздухе и в кислой среде. Какие продукты коррозии образуются в первом и во втором случаях?

Вариант 14

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48 250 Кл электричества.

3. Объясните, как протекает атмосферная коррозия железа, покрытого слоем никеля, если покрытие нарушено. Составьте ионно-электронное уравнение анодного и катодного процессов. Каков состав продуктов коррозии?

Вариант 15

1. В приведенной схеме гальванического элемента



определите:

- электродные потенциалы электродов;
- анод, катод, их полюса;
- запишите электродные процессы на аноде, катоде и суммарный процесс;
- рассчитайте ЭДС элемента в стандартных условиях.

2. Составьте уравнения электродных процессов и суммарное уравнение электролиза с инертными электродами раствора соли $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на катоде, если через электролит пропущено 48 250 Кл электричества.

3. Объясните, как происходит атмосферная коррозия луженого железа при нарушении покрытия? Составьте ионно-электронные уравнения анодного и катодного процессов. Каков состав продуктов коррозии?

2.6. Общие свойства металлов

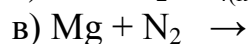
- Положение металлов в периодической системе и степени окисления.
- Природные соединения металлов и способы их получения.
- Поведение металлов в растворах кислот и щелочей.
- Изменение кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений металлов.

Вариант 1

1. Предложите способ получения натрия из карбоната натрия.

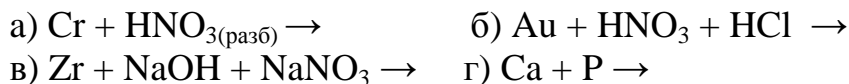
2. Укажите различие в электронных структурах атомов IA и IB групп. Как влияет это различие на свойства гидроксидов этих элементов?

3. Составьте уравнения реакций, доказывающих химические свойства металлов:



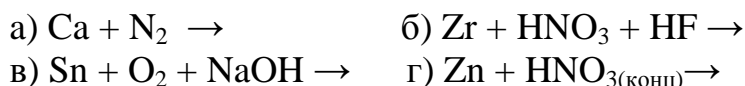
Вариант 2

- Предложите способ получения свинца из сульфида свинца (II).
- Укажите сходство и различие в строении атомов хлора и марганца. Как это влияет на характер их оксидов и гидроксидов?
- Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:



Вариант 3

- Предложите способ получения олова из касситерита SnO_2 .
- Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов в ряду $\text{VO} \rightarrow \text{VO}_2 \rightarrow \text{V}_2\text{O}_5$? Покажите это с помощью уравнений реакций.
- Закончите уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

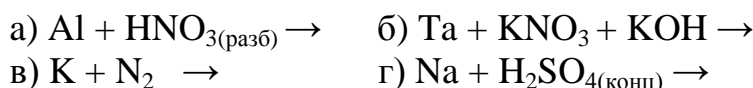


Вариант 4

1. В виде каких соединений находятся в природе щелочные металлы? Какими методами получают щелочные металлы? Составьте соответствующие уравнения реакций.

1. Чем обусловлена общность физических свойств металлов? Перечислите эти свойства.

2. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

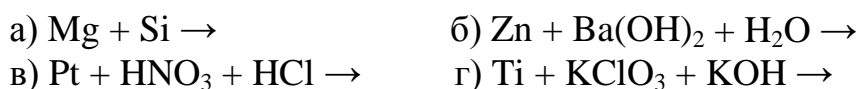


Вариант 5

1. Составьте электронную формулу атома хрома. Покажите возможные степени окисления. Как изменяются свойства оксидов хрома с изменением степени окисления хрома? Напишите соответствующие уравнения реакций.

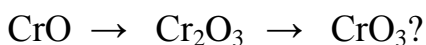
2. Предложите способ получения железа из сульфидной руды – пирита FeS_2 .

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:



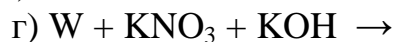
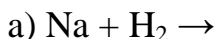
Вариант 6

1. Предложите способ получения калия, едкого калия из хлорида калия.
2. Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов в ряду



Напишите соответствующие уравнения реакций.

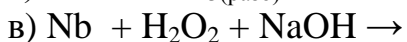
3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

**Вариант 7**

1. Укажите, как меняется химическая активность металлов IVB- подгруппы. Объясните причину этих изменений.

2. Составьте электронную формулу атома вольфрама. Укажите возможные степени окисления.

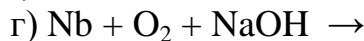
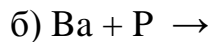
3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

**Вариант 8**

1. В чем проявляется сходство химических свойств бериллия и алюминия? Составьте соответствующие уравнения реакций.

2. Объясните растворение золота в «царской водке», в растворе цианистого калия. Составьте соответствующие уравнения реакций.

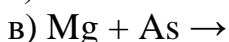
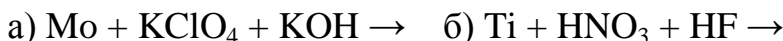
3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

**Вариант 9**

1. Укажите важнейшие способы получения металлов из руд.

2. Опишите химизм взаимодействия хрома с раствором и расплавом гидроксида калия.

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

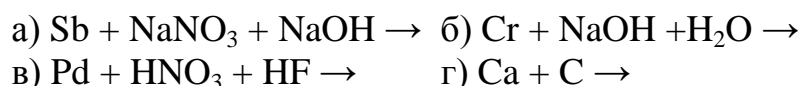


Вариант 10

1. Можно ли получить кальций восстановлением его оксида углеродом? Ответ мотивируйте расчетом энергии Гиббса реакции.

2. Составьте электронную формулу атома титана и укажите важнейшие степени окисления.

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

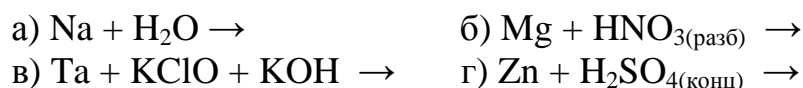


Вариант 11

1. Чем объясняется близость атомных радиусов ниобия и тантала, молибдена и вольфрама, технеция и рения? Как это влияет на химическую активности металлов?

2. Предложите способ получения марганца из пиролюзита MnO_2 .

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

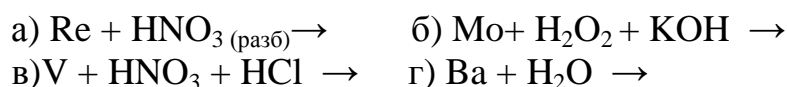


Вариант 12

1. Приведите способы получения металлов высокой степени чистоты.

2. Составьте электронную формулу олова, укажите возможные степени окисления.

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:



Вариант 13

1. Предложите способ получения натрия из карбоната натрия.

2. Укажите различие в электронных структурах атомов IA- и IB-групп. Как влияет это различие на свойства гидроксидов этих элементов?

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:



Вариант 14



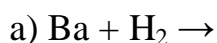
1. Чем отличается электролитический способ получения щелочных металлов от электролитического способа получения щелочей?

2. Как изменяются кислотно-основные свойства оксидов в ряду



Покажите это с помощью уравнений реакций.

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:

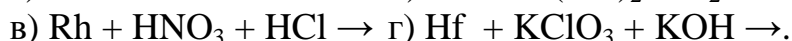
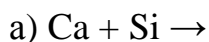


Вариант 15

1. Составьте электронную формулу атома хрома. Покажите возможные степени окисления. Как изменяются свойства оксидов хрома с изменением степени окисления?

2. Предложите способ получения титана из рутила – TiO_2 .

3. Составьте уравнения реакций, доказывающие химические свойства металлов:



2.7. Свойства s-металлов и их соединений

Вариант 1

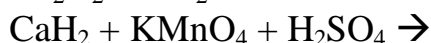
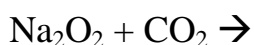
1. Напишите уравнения химических процессов, протекающих на инертных электродах при электролизе расплава $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

2. Напишите формулы веществ, имеющих следующие технические названия: каустическая сода, пищевая сода, кальцинированная сода, кристаллическая сода, поташ.

3. Укажите, какие вещества образуются при горении кальция на воздухе. Почему при обработке продуктов водой обнаруживается запах аммиака? Напишите соответствующие уравнения реакций.

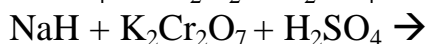
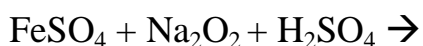
4. Опишите химическую связь в молекуле CaH_2 с позиции МВС.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 2

1. Напишите уравнения химических процессов, протекающих на инертных электродах при электролизе расплава CaSO_4 .
2. Напишите формулы веществ, имеющих следующие технические названия: негашёная известь, гашёная известь, гипс, алебастр.
3. При горении натрия на воздухе образуется Na_2O_2 с примесями Na_2O , NaN , Na_3N и др. Почему при обработке продукта водой обнаруживается запах аммиака? Напишите уравнения всех протекающих реакций.
4. Опишите химическую связь в молекуле MgCl_2 с позиции МВС.
5. Закончите уравнения реакций:

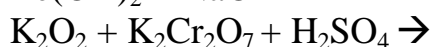
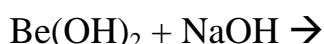


Вариант 3

1. Напишите уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



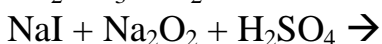
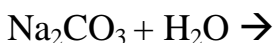
2. При пропускании углекислого газа через известковую воду первоначально выпавший осадок растворяется. Почему? Ответ мотивируйте, написав молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций.
3. Напишите уравнения получения следующих соединений: гидрид кальция, нитрид лития, силицид магния. Напишите уравнения взаимодействия их с водой.
4. Опишите химическую связь в молекуле BeF_2 с позиции МВС.
5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 4

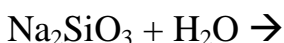
1. Объясните, чем отличается электролитический способ получения щелочных металлов от электролитического способа получения щелочей. Напишите соответствующие уравнения реакций.
2. Напишите формулы веществ, имеющих названия: известняк, гашёная и негашёная известь. Напишите уравнение получения негашёной извести. В чем заключается процесс её гашения?
3. Бериллий и алюминий проявляют диагональное сходство в таблице Д.И. Менделеева. В чём заключается это сходство? Покажите это с помощью уравнений реакций.

- Опишите химическую связь в молекуле Ca_3N_2 с позиций МВС.
- Закончите уравнения реакций:



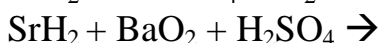
Вариант 5

- Пероксид натрия используется для регенерации кислорода в изолирующих противогазах. Напишите уравнение реакции взаимодействия пероксида натрия с диоксидом углерода.
- Составьте уравнения реакций получения карбидов калия и кальция. и взаимодействие их с водой.
- Оксид бериллия сплавляется с SiO_2 , а также с Na_2O . Напишите уравнения реакций. Какими свойствами обладает BeO ?
- Опишите химическую связь в молекуле BeI_2 с позиций МВС.
- Закончите уравнения реакций:



Вариант 6

- Напишите электронные формулы атомов Be и Mg в нормальном и возбужденном состоянии. Распределите валентные электроны по энергетическим ячейкам, определите степень окисления этих металлов в их соединениях.
- Литий взаимодействует без нагревания: с кислородом, с азотом. Какие продукты при этом образуются? Каков характер химической связи в этих соединениях? Что получится при взаимодействии их с водой? Напишите уравнения всех протекающих реакций.
- Гидроксид какого единственного s-металла амфотерен? Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакций взаимодействия его с кислотой и щёлочью.
- Опишите химическую связь в молекуле BeBr_2 с позиций МВС.
- Закончите уравнения реакций:



Вариант 7

1. Напишите электронную конфигурацию атома стронция. Распределите валентные электроны по орбиталям. Какой тип связи более характерен для соединений стронция?

2. Напишите уравнение реакции, лежащей в основе получения соды из сульфата натрия путем спекания его с углем и известняком при высокой температуре. Какие функции выполняют при этом уголь и известняк?

3. Продукт горения бария на воздухе содержит оксид, пероксид, нитрид, гидрид и другие соединения бария. Напишите уравнения реакций образования продуктов горения бария и их гидролиз.

4. Рассчитайте растворимость BaCO_3 в воде и рН его насыщенного раствора при 18 °С.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 8

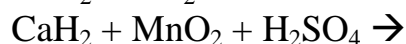
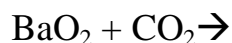
1. Элементы IIА-группы образуют в природе большие скопления таких минералов, как флюорит, кальцит, магнезит и др. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения их гидролиза.

2. Напишите уравнения реакций горения гидрида кальция и взаимодействия его с водой. Являются ли эти реакции окислительно-восстановительными?

3. Если через баритовую воду пропускать углекислый газ, то первоначально выпавший осадок растворяется. Напишите уравнения реакций.

4. Напишите электронную конфигурацию атома бария. Распределите валентные электроны по орбиталям. Какой тип связи характерен для гидрида бария?

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 9

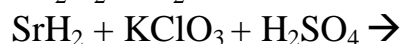
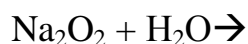
1. Магний получают электролизом расплава хлорида магния и карбо-термическим методом. Напишите уравнения соответствующих процессов. Рассчитайте, сколько необходимо оксида магния и угля для получения 120 г магния.

2. Присутствием каких соединений обусловлена временная жесткость воды? В каких единицах она выражается? Какие способы устранения временной жесткости воды вы знаете?

3. Растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$ при $20\text{ }^\circ\text{C}$ составляет $8,21 \cdot 10^{-2}$ г в 100 г воды. Вычислите $PP_{\text{Ca}(\text{OH})_2}$.

4. Напишите электронную конфигурацию атома цезия, иона цезия. Какой тип связи характерен для соединений цезия? Приведите примеры соединений с данным видом химической связи.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 10

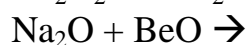
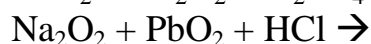
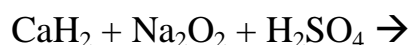
1. Напишите уравнения процессов, протекающих на инертных электродах при электролизе расплава $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Рассчитайте массу Mg , выделившегося на катоде при пропускании тока силой 10 А в течение 30 мин.

2. Литий взаимодействует без нагревания с кислородом, с азотом. Что получится при обработке продуктов водой? Напишите уравнения всех протекающих реакций.

3. Рассчитайте растворимость CaCO_3 в воде при $20\text{ }^\circ\text{C}$ и pH его насыщенного раствора, если $PP_{\text{CaCO}_3} = 4,8 \cdot 10^{-9}$.

4. Напишите электронную конфигурацию атома рубидия, иона рубидия. Какой тип связи характерен для соединений рубидия? Приведите примеры соединений с данным видом химической связи.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 11

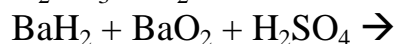
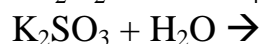
1. В виде каких соединений находятся в природе щелочноземельные металлы? Какими методами их получают? Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Напишите формулы карбида бериллия, карбида кальция. Какую степень окисления имеет в них атом углерода? Какие продукты образуются при взаимодействии указанных карбидов с водой? Напишите уравнения их гидролиза.

3. Напишите уравнения реакции получения тетрагидроксобериллата натрия. Укажите тип гибридизации атомных орбиталей бериллия в этом соединении. Каковую геометрическую форму имеет ион $[\text{Be}(\text{OH})_4]^{2-}$?

4. Чем принципиально отличаются химические свойства $\text{Be}(\text{OH})_2$ и $\text{Ba}(\text{OH})_2$? Напишите соответствующие уравнения реакций.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 12

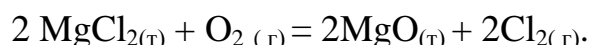
1. Охарактеризуйте устойчивость оксидов s-металлов по величинам $\Delta H^0_{298(\text{обр})}$, кДж/моль:

| | | | | | | | |
|-------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| MgO | CaO | SrO | BaO | | | | |
| $\Delta H^0_{298(\text{обр})}$, кДж/моль | | | | -601 | -635 | -604 | -583 |

Укажите, как меняются в этом ряду основные свойства соединений.

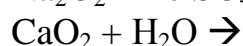
2. Нитрид магния можно получить при взаимодействии магния с азотом или оксидом азота (I). Что получится при взаимодействии нитрида с водой? Напишите уравнения всех протекающих реакций.

3. Напишите выражение константы равновесия для процесса:



4. Объясните причину растворения $\text{Mg}(\text{OH})_2$ в NH_4Cl . Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 13

1. Напишите уравнения реакций, протекающих на инертных электродах при электролизе расплава KCl. Вычислите, какое количество электричества потребуется для получения 1 кг металлического калия.

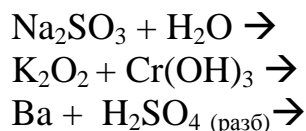
2. Вычислите растворимость фторида бария в воде при 20 °С, если $PP_{\text{BaF}_2} = 1,1 \cdot 10^{-10}$.

3. Оксид бериллия сплавляют с CO_2 , а также с CaO. Напишите уравнения реакций. Какими свойствами обладает BeO?

4. Укажите, как меняется энергия ионизации по ряду $\text{Na} \rightarrow \text{K} \rightarrow \text{Rb} \rightarrow \text{Cs}$.

Какой из этих элементов обладает наибольшими восстановительными свойствами?

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 14

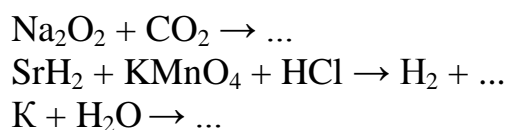
1. Напишите уравнения процессов, протекающих на инертных электродах при электролизе раствора $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. Рассчитайте массу вещества, выделяющегося на аноде, при пропускании тока силой 10 А в течение 60 минут. Какой объем водорода выделится на катоде (условия нормальные) ?

2. Напишите формулы карбида, нитрида, фосфида, силицида натрия. Укажите, какие продукты образуются при взаимодействии указанных бинарных соединений с водой.

3. Если через гашеную известь пропускать углекислый газ, то первоначально выпавший осадок растворяется. Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Напишите электронную конфигурацию атома стронция. Распределите электроны по орбиталям. Укажите тип связи в соединении SrH_2 .

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 15

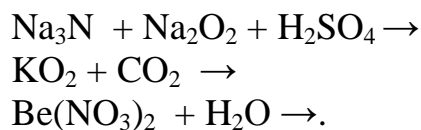
1. Напишите уравнения процессов, протекающих на инертных электродах при электролизе расплава NaOH . Вычислите, какое количество электричества потребуется для получения 100 г металлического натрия .

2. Укажите, какими способами можно получить оксиды и пероксиды s-металлов: Na_2O , Na_2O_2 , BaO и BaO_2 . Что образуется при обработке их водой? Напишите соответствующие уравнения реакций.

3. Определите тип гибридизации атомных орбиталей бериллия в молекуле BeH_2 . В обычных условиях существует полимер $(\text{BeH}_2)_n$. Укажите, какой тип связи присутствует в этом полимере.

4. Укажите продукты разложения нитратов s-металлов: NaNO_3 и $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Напишите соответствующие уравнения реакций.

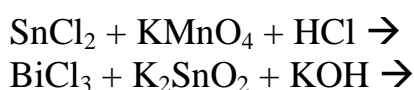
5. Закончите уравнения реакций:



2.8. Свойства р-металлов и их соединений

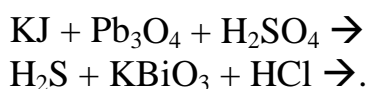
Вариант 1

1. Опишите химическую связь в молекуле AlCl_3 с позиции МВС.
2. Соединения $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ и $\text{Tl}(\text{NO}_3)_3$ с избытком щелочи относятся к различным классам неорганических соединений. Напишите соответствующие молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций.
3. Диссоциация алюмокалиевых квасцов $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$ протекает по типу двойных солей. Напишите её уравнение.
4. Сплав олова со свинцом нагрели с концентрированной HNO_3 . Осадок отфильтровали и прокалили. Напишите уравнения всех протекающих реакций.
5. Закончите уравнения реакций:



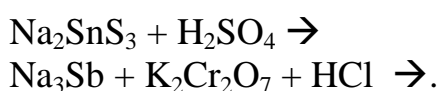
Вариант 2

1. Опишите химическую связь в молекуле GeCl_4 с позиции МВС.
2. Можно ли приготовить в одном стакане смесь водных растворов солей Na_2CO_3 и AlCl_3 ? Почему? Мотивируйте свой ответ уравнением соответствующей реакции.
3. Гидрид алюминия полимерен $(\text{AlH}_3)_n$. Получить его можно взаимодействием $\text{Li}[\text{AlH}_4]$ с AlCl_3 в эфирном растворе. Закончите уравнение реакции.
4. Смешанные оксиды Pb_3O_4 и Pb_2O_3 можно рассматривать как плюмбаты свинца (II). Представьте их формулы в виде солей.
5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 3

1. Опишите химическую связь в молекуле GeH_4 с позиции МВС.
2. Рассчитайте, какая масса нитрида алюминия необходима для получения 3 л аммиака (условия нормальные).
3. Алюминий получают электролизом расплава глинозема. Напишите уравнения электродных процессов.
4. Объясните, почему при приготовлении раствора SnCl_2 воду подкисляют. Напишите соответствующее уравнение реакции.
5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 4

1. Молекулы AlCl_3 и GaCl_3 склонны к димеризации. Объясните это явление с позиции МВС.

2. Рассчитайте энтальпию реакции получения олова алюминотермическим восстановлением SnO_2 , если энтальпии образования SnO_2 и Al_2O_3 соответственно составляют -581 и -1675 кДж/моль.

3. Вычислите потенциал сурьмяного электрода в $0,001$ М растворе $\text{Sb}(\text{NO}_3)_3$.

4. Смесь сульфидов As_2S_3 , Bi_2S_3 , Sb_2S_3 обработали сульфидом натрия. Какой сульфид останется нерастворенным? Напишите уравнения реакций растворения сульфидов.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 5

1. Опишите химическую связь в молекуле InCl_3 с позиции МВС.

2. Укажите, каким образом можно перевести в раствор α -оловянную кислоту. Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакций.

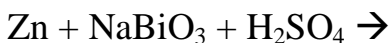
3. При взаимодействии водных растворов $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и Na_2CO_3 наблюдается образование белого осадка и выделение газа. Напишите уравнения совместного гидролиза указанных солей.

4. Растворение сульфида висмута в азотной кислоте протекает по схеме



Составьте уравнения ионно-электронного баланса и определите стехиометрические коэффициенты.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 6

1. Опишите химическую связь в молекуле BiCl_3 с позиции МВС.

2. Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения реакций растворения $\text{Sb}(\text{OH})_3$ в кислотах и щелочах.

3. Окислительная активность свинца Pb^{+4} проявляется в реакциях при разрядке свинцового аккумулятора. Напишите уравнение соответствующей реакции.

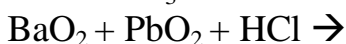
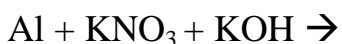
4. Какова концентрация ионов Pb^{2+} в насыщенном растворе над осадком $\text{Pb}(\text{OH})_2$, если $PP_{\text{Pb}(\text{OH})_2} = 1,1 \cdot 10^{-20}$?

5. Закончите уравнения реакций:



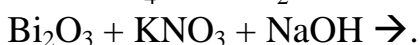
Вариант 7

1. Опишите химическую связь в молекуле SnCl_4 с позиции МВС.
2. Продукты взаимодействия AlCl_3 с избытком NaOH и NH_4OH относятся к различным классам неорганических соединений. Напишите соответствующие уравнения реакций.
3. Напишите уравнения реакции получения метана из карбида алюминия.
4. В раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ опущены пластинки цинка и серебра. В каком случае возможна реакция? Рассчитайте ее ЭДС* при стандартных условиях.
5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 8

1. Опишите химическую связь в молекуле SbCl_3 с позиции МВС.
2. Объясните, почему алюминий не вытесняет водород из воды, но вытесняет его из водного раствора щёлочи. Ответ мотивируйте соответствующими уравнениями реакций.
3. Напишите уравнения реакций получения гидроксида алюминия из минерала корунда.
4. Объясните, какая из солей SnCl_2 или SnCl_4 более полно гидролизуется в водном растворе. Напишите соответствующие уравнения реакций.
5. Закончите уравнения реакций:

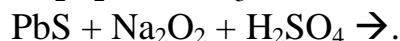


Вариант 9

1. Опишите химическую связь в молекуле $\text{H}_2[\text{SnCl}_6]$ с позиций МВС.
2. Алюминий растворяется в щелочном растворе нитрата калия с выделением аммиака. Напишите уравнение реакции.
3. В результате обработки соляной кислотой пружинной бронзы (сплав Cu-Sn) выделилось 119 мл газа (н.у.). Каково содержание олова в сплаве?

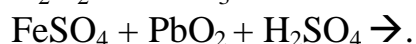
*T = 298 K; C = 1 моль/л.

4. Напишите уравнения реакций получения станнита и станната калия из SnCl_2 . В чём принципиальное различие этих реакций?
5. Закончите уравнения реакций:



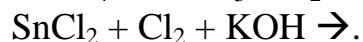
Вариант 10

1. Опишите химическую связь в молекуле AlBr_3 с позиций МВС.
2. Сульфиды олова (II) и (IV) можно получить с помощью реакций ионного обмена. Напишите соответствующие молекулярные и ионно-молекулярные уравнения.
3. Объясните, какие свойства (основные или кислотные) более выражены у $\text{Pb}(\text{OH})_2$, если известно, что соль $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ менее гидролизвана, чем K_2PbO_2 . Напишите молекулярные и ионно-молекулярные уравнения гидролиза указанных солей.
4. В растворе находится смесь солей SbCl_3 и BiCl_3 . Предложите способ разделения ионов сурьмы и висмута. Напишите соответствующие уравнения реакций.
5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 11

1. Опишите химическую связь в молекуле GaF_3 с позиции МВС.
2. Сульфид алюминия в водном растворе получить нельзя. Почему? Напишите молекулярное уравнение реакции его с водой.
3. Объясните, какие процессы будут протекать, если к раствору SnCl_2 прилить раствор $(\text{NH}_4)_2\text{S}$, а затем – полисульфид $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2$. Напишите уравнения реакций.
4. Предложите способ разделения находящихся в растворе ионов Sn^{2+} и Pb^{2+} . Напишите уравнение соответствующей реакции.
5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 12

1. Опишите химическую связь в молекуле AlF_3 с позиции МВС.
2. Криолит $\text{AlF}_3 \times 3\text{NaF}$ правильнее рассматривать как комплексное соединение. Напишите его координационную формулу. Где применяется это соединение?
3. Определите, чему равна энтальпия реакции получения висмута карботермическим восстановлением оксида Bi_2O_3 , если значения энтальпии образования CO и Bi_2O_3 составляют соответственно -110 и -575 кДж/моль.

4. В результате обработки соляной кислотой 7 г оловянного припоя (сплав Pb-Sn) выделилось 806 мл газа (н.у.). Каково содержание свинца в сплаве?

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 13

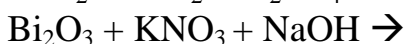
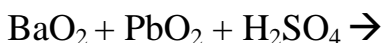
1. Опишите химическую связь в молекуле GeF_4 с позиции МВС.

2. При пропускании CO_2 через раствор алюмината калия выпадает осадок $\text{Al}(\text{OH})_3$. О каких свойствах алюминиевой кислоты это свидетельствует? Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения реакции.

3. Объясните, как меняется устойчивость и восстановительные свойства соединений в ряду: GeH_4 , SnH_4 , PbH_4 . Почему?

4. Объясните, почему в сосудах из белой жести нельзя хранить раствор щелочи. Ответ мотивируйте соответствующими уравнениями реакций.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 14

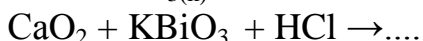
1. Опишите химическую связь в молекуле SbCl_5 с позиций МВС.

2. Совместное присутствие в водном растворе солей N_2S и AlCl_3 невозможно. Почему? Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения протекающей реакции.

3. Рассчитайте окислительный эквивалент висмутата калия KBiO_3 в системе $\text{BiO}_3^- / \text{Bi}^{3+}$.

4. Составьте электронную формулу атома элемента с порядковым номером 14. Рассчитайте, сколько литров водорода (н. у.) образуется при термическом разложении 1 моля водородного соединения этого элемента.

5. Закончите уравнения реакций:



Вариант 15

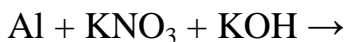
1. Опишите химическую связь в молекуле GeCl_4 с позиций МВС.

2. $IP_{\text{PbCO}_3} = 1,0 \times 10^{-13}$ (при 20 °C). Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнения получения карбоната свинца.

3. Объясните термин «алюмотермия». Укажите область применения алюмотермии. Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. При взаимодействии водных растворов $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и K_2CO_3 наблюдается образование белого осадка и выделение газа. Напишите уравнение совместного гидролиза указанных солей.

5. Закончите уравнения реакций:



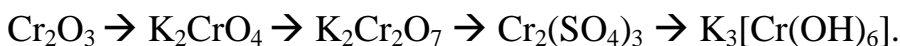
2.9. Химия d-металлов и их соединений

Вариант 1

1. Напишите электронные и электронно-графические формулы атомов циркония и гафния. Объяснить близость атомных радиусов этих элементов.

2. Укажите степень окисления атомов ванадия в следующих соединениях: H_3VO_4 , $\text{H}_4\text{V}_2\text{O}_7$, $\text{K}[\text{V}(\text{SO}_4)_2]$, $\text{H}_3[\text{VOF}_5]$, $\text{Na}_3\text{V}_3\text{O}_9$.

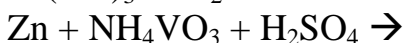
3. Осуществите превращения:



4. Докажите с помощью уравнений реакций окислительно-восстановительную двойственность диоксида марганца.

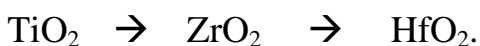
5. Напишите уравнения реакций взаимодействия раствора $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ с небольшим количеством, а затем с избытком NH_4OH .

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 2

1. Укажите, как меняются кислотно-основные свойства в ряду



Ответ подтвердите уравнениями соответствующих реакций.

2. Напишите уравнение реакции получения хлорида ванадия из оксида ванадия (V) и концентрированной соляной кислоты, учитывая выделение в процессе реакции газообразного хлора.

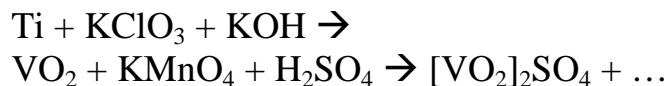
3. Объясните, почему осадок, полученный при действии щелочи на соль марганца (II), бурлит при хранении на воздухе. Ответ подтвердите уравнениями реакций.

4. Составьте уравнения электродных процессов, протекающих на инертных электродах при электролизе раствора CrCl_3 .

5. Осуществите превращения:



6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 3

1. Опишите химизм хлорного способа получения титана из руды – рутила.

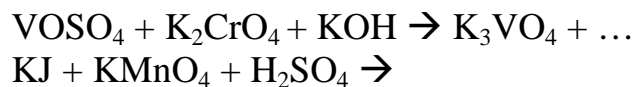
2. Оксид ниобия (V) взаимодействует с NaOH и при нагревании с H_2SO_4 , образуя ион $[\text{NbO}_2]^+$. О каких свойствах оксида это свидетельствует? Напишите уравнения соответствующих реакций.

3. Объясните, почему при действии сульфида натрия на раствор CrCl_3 не образуется осадок Cr_2S_3 . Ответ подтвердите уравнениями реакций.

4. Сравните силу кислот – марганцевой, марганцевистой, марганцеватистой и их окислительную активность. Приведите примеры солей, соответствующих этим кислотам, и назовите их.

5. Напишите уравнение реакции получения комплексного соединения $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$. Назовите комплекс, выразите для него константу нестойкости.

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 4

1. Объясните химизм действия смеси концентрированных азотной и плавиковой кислот на металлический цирконий. Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Покажите с помощью уравнений реакций изменение кислотно-основных свойств оксидов ванадия (II), (III), (IV), (V).

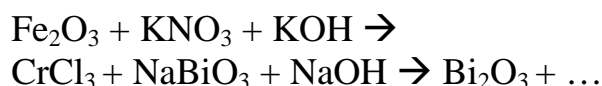
3. Сравните гидролизуемость соединений хрома: CrCl_2 и CrCl_3 , NaCrO_2 и Na_2CrO_4 . Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Напишите уравнения реакций взаимодействия KMnO_4 с пероксидом натрия при $\text{pH} = 7$ и $\text{pH} < 7$.

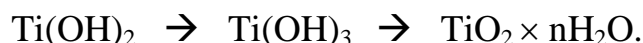
5. Осуществите превращения:



6. Закончите уравнения реакций:

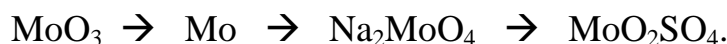
**Вариант 5**

1. Укажите, как изменяются кислотно-основной характер и окислительно-восстановительные свойства гидроксидов в ряду:



2. Напишите уравнения реакций получения сульфата оксованадия (IV) и сульфата оксованадия (V).

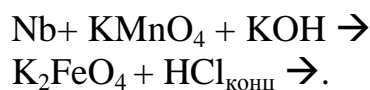
3. Осуществите превращения:



4. При растворении 4,5 г смеси Al и Cu в избытке соляной кислоты выделилось 2,8 л газа (н.у.). Определите содержание меди в исходной смеси.

5. Предложите способы получения железа из соединений $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$, Fe_3O_4 , FeS_2 . Назовите руды такого состава.

6. Закончите уравнения реакций:

**Вариант 6**

1. При получении металлического титана электролитическим путем и путем термического разложения используют некоторые соединений титана. Приведите их примеры и опишите химизм процессов.

2. Оксид ниобия (V) проявляет слабо выраженную амфотерность. Докажите это с помощью уравнений реакций.

3. Укажите, как меняются кислотные и окислительно-восстановительные свойства в ряду:



Назовите соль MoO_2Cl_2 , предложите способ её получения.

4. Ренат калия K_2ReO_4 диспропорционирует в растворе подобно аналогичному соединению марганца. Напишите уравнение реакции.

5. Укажите, чем отличается взаимодействие гидроксида кобальта (III) с концентрированной соляной кислотой от взаимодействия с ней гидроксида железа (III). Напишите уравнения соответствующих реакций.

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 7

1. Объясните химизм действия смеси концентрированных азотной и плавиковой кислот на металлический гафний.

2. Напишите уравнения реакций получения соединений KNbO_3 и NbOCl_3 и уравнения их гидролиза.

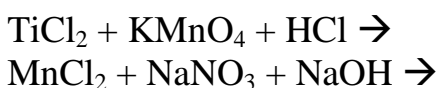
3. Осуществите превращения:



4. Напишите уравнения реакций взаимодействия KMnO_4 с сульфитом натрия при $\text{pH} = 7$ и при $\text{pH} > 7$.

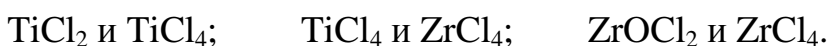
5. Хромит калия окисляется бромом в щелочной среде. Зеленая окраска раствора переходит в желтую. Напишите уравнение реакции. Какие ионы обуславливают начальную и конечную окраску раствора?

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 8

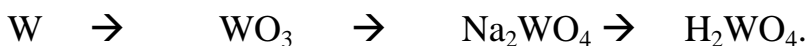
1. Сравните гидролизуемость следующих соединений:



Объясните это сравнение. Напишите молекулярное и ионно-молекулярное уравнение гидролиза соли TiCl_4 .

2. Укажите, какими свойствами: основными, кислотными или амфотерными обладает соединение $\text{VO}(\text{OH})_2$. Напишите уравнения соответствующих реакций.

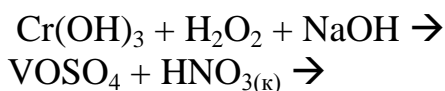
3. Осуществите превращения:



4. Представьте Mn_2O_3 и Mn_3O_4 в виде солей марганца. Назовите соли.

5. Объясните, почему феррат натрия, сравнительно устойчивый в сухом состоянии, разлагается в водном растворе? Напишите соответствующее уравнение реакции.

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 9

1. Титанат натрия получают сплавлением оксида титана с NaOH. Что происходит при взаимодействии титаната натрия с водой? Напишите уравнения соответствующих реакций.

2. Дайте названия следующим соединениям:



3. Предложите способ превращения хроматов в дихроматы и наоборот. Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Вычислите окислительный эквивалент KMnO_4 в нейтральной, кислотной и щелочной средах.

5. Вычислите растворимость $\text{Fe}(\text{OH})_2$ (моль/л) в воде при 25°C , если $\text{PР}_{\text{Fe}(\text{OH})_2} = 3,8 \cdot 10^{-38}$.

7. Закончите уравнения реакций:

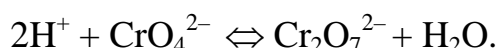


Вариант 10

1. Объясните, что происходит при сплавлении пиролюзита с поташом и селитрой. Составьте уравнение реакции, укажите степень окисления марганца в образующемся соединении.

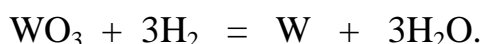
2. Диоксид титана TiO_2 растворяется в концентрированной серной кислоте и сплавляется со щелочами и карбонатами. Напишите уравнения соответствующих реакций.

3. В водном растворе соединений хрома имеет место равновесие



В каком направлении оно сместится при добавлении кислоты? Напишите уравнение процесса в молекулярном виде.

4. Рассчитайте, при какой температуре возможен процесс

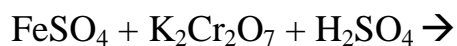


$$\Delta H_{298}^0, \text{кДж/моль:} \quad -843 \quad 0 \quad 0 \quad -242$$

$$S_{298}^0, \text{Дж/моль}\cdot\text{К:} \quad 76,1 \quad 130,7 \quad 32,6 \quad 189$$

5. Рассчитайте, сколько выделится марганца при пропускании тока силой 1 А в течение 10 ч через раствор сульфата марганца.

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 11

1. Для получения металлического ниобия используют методы металлотермии, электролиза, термического разложения соединений. Опишите эти процессы, используя соединения Nb_2O_5 , $\text{K}_2[\text{NbF}_7]$, NbCl_5 , NbJ_5 .

2. Укажите степень окисления ванадия в следующих соединениях: $[\text{V}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$, $\text{Na}_3[\text{V}_2\text{Cl}_9]$, $[\text{VO}(\text{H}_2\text{O})_5]\text{Cl}_2$, $\text{Na}_3\text{V}_3\text{O}_9$.

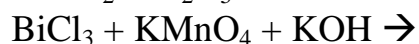
3. Молибденовая кислота проявляет амфотерные свойства. Напишите уравнения соответствующих реакций.

4. Осуществите превращения:



5. Объясните, будет ли подвергаться атмосферной коррозии во влажном воздухе никелированное железо при повреждении поверхности. Ответ мотивируйте.

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 12

1. Одним из способов извлечения золота из золотоносных пород является обработка их цианидом натрия. Напишите соответствующее уравнение реакции.

2. Укажите, какие свойства – основные, кислотные или амфотерные характерны для $\text{VO}(\text{OH})_2$. Ответ мотивируйте.

3. При растворении в концентрированной азотной кислоте 15 г сплава меди, железа и золота выделилось 4 л (н. у.) оксида азота (IV). Определите содержание меди (%) в исходном сплаве.

4. Представьте Mn_2O_3 и Mn_3O_4 в виде солей марганца, назовите их.

5. При термическом разложении 17 г нитрата серебра с образованием серебра, диоксида азота и кислорода поглотилось 15,5 кДж теплоты. Напишите соответствующее уравнение реакции. Определите энтальпию образования нитрата серебра, если энтальпия образования оксида азота (IV) равна 33,5 кДж/моль.

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 13

1. Объясните, в чем суть пирометаллургического способа извлечения цинка и кадмия из сульфидных руд. Напишите уравнения реакций, сопровождающие этот процесс.

2. Напишите уравнение реакции получения хлорида ванадия (II) из оксида ванадия (V) и концентрированной соляной кислоты, учитывая выделение в процессе газообразного хлора.

3. Имеются растворы одинаковой молярности $\text{Sc}(\text{NO}_3)_3$ и $\text{La}(\text{NO}_3)_3$. Для какого из этих растворов pH меньше и почему?

4. Составьте формулы перечисленных соединений:

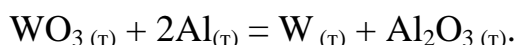
дигидроксотетрахлоро (IV) платинат аммония,

тетрахлоро(II)платинат натрия,

диаминдихлороплатина,

гексабromo(IV)платинат тетраамин (II) платины.

5. Алюминий применяется для получения некоторых металлов путем восстановления их оксидов (алюмотермия), например, по реакции



Определите, может ли самопроизвольно протекать реакция восстановления оксида Cr_2O_3 алюминием при 298 К. Ответ подтвердите расчетом энергии Гиббса.

6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 14

1. Алюмотермическим восстановлением 50 г оксида ванадия (V) получено 23 г ванадия. Напишите соответствующее уравнение реакции. Определите выход (%) этой реакции.

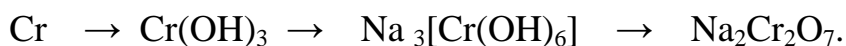
2. Составьте формулы комплексных соединений платины (II): $\text{PtCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$; $\text{PtCl}_2 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{KCl}$; $\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$. Назовите эти соединения. Напишите уравнения их диссоциации. Составьте выражения констант нестойкости комплексных соединений.

3. Могут ли в растворе существовать совместно следующие вещества:

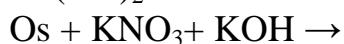
а) FeCl_3 и SnCl_2 ; б) FeSO_4 и NaOH ; в) FeCl_3 и $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$? Ответ подтвердите уравнениями реакций.

4. В присутствии влаги и диоксида углерода медь покрывается зеленым налетом. Как называется и каков состав образующегося соединения? Что произойдет, если на него подействовать соляной кислотой. Напишите соответствующие уравнения реакций.

5. Осуществите превращения:



6. Закончите уравнения реакций:



Вариант 15

1. Одним из методов получения металлов высокой чистоты является электролитическое рафинирование. Объясните суть этого метода на примере освобождения меди от примесей.

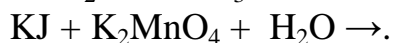
2. Составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнение реакции взаимодействия нитрата диаминсеребра (I) с сероводородом.

3. Кусок латуни обработали азотной кислотой. Раствор разделили на две части. К одной из них прибавили избыток раствора аммиака, к другой – избыток раствора щелочи. Какие соединения цинка и меди образуются при этом? Составьте уравнения соответствующих реакций.

4. Напишите уравнение реакции взаимодействия CrCl_3 с нитратом натрия при $\text{pH} > 7$.

5. Ценным компонентом минеральной воды «Кожановская» является ион Fe^{3+} . С позиций химии объясните, зачем подкисляют воду при отборе ее из скважины.

6. Закончите уравнения реакций:



Стандартные окислительно-восстановительные потенциалы

| Элемент | Реакция | $E^0, \text{В}$ |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Ag | $\text{Ag}^+ + e = \text{Ag}\downarrow$ | +0.80 |
| | $\text{AgBr}\downarrow + e = \text{Ag}\downarrow + \text{Br}^-$ | +0.55 |
| | $\text{AgCl}\downarrow + e = \text{Ag}\downarrow + \text{Cl}^-$ | +0.22 |
| | $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ = \text{Ag}\downarrow + 2\text{NH}_3$ | +0.37 |
| | $\text{AgI}\downarrow + e = \text{Ag}\downarrow + \text{I}^-$ | -0.15 |
| | $\text{Ag}(\text{CN})_2^- + e = \text{Ag}\downarrow + 2\text{CN}^-$ | -0.31 |
| | $\text{AgCN}\downarrow + e = \text{Ag}\downarrow + \text{CN}^-$ | -0.22 |
| | $\text{Ag}_2\text{S}\downarrow + 2e = 2\text{Ag}\downarrow + \text{S}^{2-}$ | -0.70 |
| | $\text{AgBrO}_3 + e = \text{Ag}\downarrow + \text{BrO}_3^-$ | +0.55 |
| | $\text{AgNO}_2 + e = \text{Ag}\downarrow + \text{NO}_2^-$ | +0.56 |
| | $\text{AgCH}_3\text{COO} + e = \text{Ag}\downarrow + \text{CH}_3\text{COO}^-$ | +0.64 |
| | $\text{Ag}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{Ag}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ | +1.17 |
| | $2\text{AgO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ | +1.40 |
| | $\text{Ag}_2\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{AgO} + \text{H}_2\text{O}$ | +1.57 |
| | $\text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Ag}\downarrow + 2\text{OH}^-$ | +0.34 |
| | $\text{Ag}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 4e = 2\text{Ag}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.67 |
| | $\text{AgO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O}$ | +1.99 |
| | $\text{AgO}^- + 2\text{H}^+ + e = \text{Ag}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ | +2.22 |
| | $\text{Ag}_2\text{CrO}_4\downarrow + 2e = 2\text{Ag}\downarrow + \text{CrO}_4^{2-}$ | +0.45 |
| Al | $\text{Al}^{3+} + 3e = \text{Al}\downarrow$ | -1.66 |
| | $\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 3e = \text{Al}\downarrow + 4\text{OH}^-$ | -2.35 |
| | $\text{AlO}_2^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{Al}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ | -1.26 |
| | $\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3e = \text{Al}\downarrow + 3\text{OH}^-$ | -2.31 |
| | $\text{AlF}_6^{3-} + 3e = \text{Al}\downarrow + 6\text{F}^-$ | -2.07 |
| As | $\text{AsS}_2^- + 3e = \text{As} + 2\text{S}^{2-}$ | -0.80 |
| | $\text{As} + 3\text{H}^+ + 3e = \text{AsH}_3$ | -0.61 |
| | $\text{As}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6e = 2\text{As} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.23 |
| | $\text{AsO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e = \text{As} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.25 |
| | $\text{H}_3\text{AsO}_4 + 3\text{H}^+ + 2e = \text{AsO}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.55 |
| | $\text{H}_3\text{AsO}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{HAsO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.56 |
| | $\text{AsO}_4^{3-} + 8\text{H}^+ + 5e = \text{As} + 4\text{H}_2\text{O}$ | +0.65 |
| | $\text{AsO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{As} + 4\text{OH}^-$ | -0.68 |
| Au | $\text{Au}^{3+} + 3e = \text{Au}\downarrow$ | +1.50 |

| | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| | $\text{Au}^{3+} + 2e = \text{Au}^{\downarrow}$ | +1.41 |
| | $\text{Au}^+ + e = \text{Au}^{\downarrow}$ | +1.50 |
| | $\text{AuCl}_4^- + 3e = \text{Au}^{\downarrow} + \text{Cl}^-$ | +1.00 |
| | $\text{AuI} + e = \text{Au}^{\downarrow} + \text{I}^-$ | +0.50 |
| | $[\text{Au}(\text{SCN})_2]^- + e = \text{Au}^{\downarrow} + 2\text{SCN}^-$ | +0.69 |
| | $[\text{AuBr}_4]^- + 2e = \text{AuBr}_2^- + 2\text{Br}^-$ | +0.82 |
| | $[\text{AuBr}_4]^- + 2e = \text{Au} + 4\text{Br}^-$ | +0.87 |
| | $[\text{AuBr}_2]^- + e = \text{Au} + 2\text{Br}^-$ | +0.96 |
| | $\text{AuO}_2 + \text{H}_2\text{O} + e = \text{HAuO}_3^{2-} + \text{H}^+$ | +0.82 |
| | $\text{AuCl} + e = \text{Au} + \text{Cl}^-$ | +1.17 |
| | $\text{Au}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6e = 2\text{Au} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.46 |
| | $\text{H}_3\text{AuO}_3 + 3\text{H}^+ + 2e = \text{Au}^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.50 |
| | $\text{AuO}_2 + 4\text{H}^+ + e = \text{Au}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +2.51 |
| Ba | $\text{Ba}^{2+} + 2e = \text{Ba}^{\downarrow}$ | -2.90 |
| Be | $\text{Be}^{2+} + 2e = \text{Be}^{\downarrow}$ | -1.85 |
| | $\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Be}^{\downarrow} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -1.82 |
| | $\text{Be}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4e = 2\text{Be}^{\downarrow} + 3\text{H}_2\text{O}$ | -1.39 |
| | $\text{BeO}_2^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Be}^{\downarrow} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.91 |
| Bi | $\text{BiO}^+ + 2\text{H}^+ + 3e = \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.32 |
| | $\text{NaBiO}_3 + 4\text{H}^+ + 2e = \text{BiO}^+ + \text{Na}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.80 |
| | $\text{Bi}(\text{OH})_3 + 3e = \text{Bi}^{\downarrow} + 3\text{OH}^-$ | -0.46 |
| | $\text{BiOCl} + 2\text{H}^+ + 3e = \text{Bi} + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}^-$ | +0.16 |
| | $[\text{BiCl}_4]^- + 3e = \text{Bi} + 4\text{Cl}^-$ | +0.16 |
| | $\text{Bi}^{3+} + 3e = \text{Bi}$ | +0.21 |
| | $\text{BiOH}^{2+} + \text{H}^+ + 3e = \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.25 |
| | $\text{BiO} + 2\text{H}^+ + 3e = \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.32 |
| | $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6e = 2\text{Bi} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.37 |
| | $\text{Bi}_4\text{O}_7 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | +1.34 |
| | $2\text{Bi}_2\text{O}_4 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Bi}_4\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ | +1.54 |
| | $\text{Bi}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Bi}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O}$ | +1.61 |
| | $\text{Bi}_2\text{O}_5 + 10\text{H}^+ + 4e = 2\text{Bi}^{3+} + 5\text{H}_2\text{O}$ | +1.76 |
| Br | $\text{Br}_2 + 2e = 2\text{Br}^-$ | +1.09 |
| | $2\text{HBrO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.05 |
| | $2\text{BrO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}_2 + 4\text{OH}^-$ | +0.45 |
| | $\text{HBrO} + \text{H}^+ + 2e = \text{Br}^- + \text{H}_2\text{O}$ | +1.34 |
| | $\text{BrO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Br}^- + 2\text{OH}^-$ | +0.76 |
| | $\text{BrO}_3^- + 5\text{H}^+ + 4e = \text{HBrO} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.45 |
| | $\text{BrO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{BrO}^- + 4\text{OH}^-$ | +0.54 |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| | $2 \text{BrO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10\text{e} = \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$ | +1.52 | |
| | $2 \text{BrO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10\text{e} = \text{Br}_2 + 12 \text{OH}^-$ | +0.50 | |
| | $\text{BrO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{Br}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.45 | |
| | $\text{BrO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{Br}^- + 6 \text{OH}^-$ | +0.61 | |
| | $\text{Br}_3^- + 2\text{e} = 3 \text{Br}^-$ | +1.05 | |
| | $\text{BrCl} + 2\text{e} = \text{Br}^- + \text{Cl}^-$ | +1.20 | |
| C | $\text{C} \downarrow + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{CH}_4 \uparrow$ | +0.13 | |
| | $\text{C}_2\text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C}_2\text{H}_4 \uparrow$ | +0.73 | |
| | $\text{C}_2\text{H}_4 \uparrow + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C}_2\text{H}_6 \uparrow$ | +0.52 | |
| | $\text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{CH}_4 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | +0.59 | |
| | $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C}_2\text{H}_4 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | +0.46 | |
| | $\text{HCHO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{CH}_3\text{OH}$ | +0.19 | |
| | $\text{CH}_3\text{CHO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ | +0.19 | |
| | $\text{HCOOH} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{HCHO}$ | -0.01 | |
| | $\text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$ | -0.12 | |
| | $2\text{CO}_2 \uparrow + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | -0.49 | |
| | $\text{HCO}_2^- + \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HCOH} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.17 | |
| | $\text{CO}_3^{2-} + 6 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{HCOH} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.20 | |
| | $\text{CO}_3^{2-} + 8 \text{H}^+ + 6\text{e} = \text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.21 | |
| | $\text{CO}_3^{2-} + 3 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HCO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ | +0.23 | |
| | $2 \text{CO}_3^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.44 | |
| | $\text{CO}_3^{2-} + 6 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{C} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.48 | |
| | $\text{HCO}_2^- + 5 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.20 | |
| | $\text{CO}_2 + 4 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{C} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.21 | |
| | $\text{H}_2\text{CO}_3 + 4 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{C} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.23 | |
| | $\text{HCOOH} + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{CH}_3\text{OH}$ | +0.23 | |
| | $\text{CO} + 6 \text{H}^+ + 6\text{e} = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ | +0.50 | |
| | $\text{CO} + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{C} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.52 | |
| | $2\text{H}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.39 | |
| | $\text{H}_2\text{CO}_3 + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HCOOH} + \text{H}_2\text{O}$ | -0.16 | |
| | $\text{H}_2\text{CO}_3 + 4 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{HCOH} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.05 | |
| | $\text{C}_2\text{O}_4^{2-} + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = 2 \text{HCO}_2^-$ | +0.01 | |
| | $\text{H}_2\text{CO}_3 + 6 \text{H}^+ + 6\text{e} = \text{CH}_3\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.04 | |
| | $\text{HCOOH} + 4 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.15 | |
| | Ca | $\text{Ca}^{2+} + 2\text{e} = \text{Ca} \downarrow$ | -2.87 |
| | | $\text{Ca}(\text{OH})_2 \downarrow + 2\text{e} = \text{Ca} \downarrow + 2 \text{OH}^-$ | -3.03 |
| | Cd | $\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} = \text{Cd} \downarrow$ | -0.40 |
| | | $\text{Cd} + \text{H}^+ + \text{e} = \text{CdH}$ | -2.42 |
| $\text{CdS} + 2\text{e} = \text{Cd} + \text{S}^{2-}$ | | -1.24 | |
| $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-} + 2\text{e} = \text{Cd} + 4 \text{CN}^-$ | | -1.09 | |

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| | $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_4]^{2+} + 2e = \text{Cd} + 4\text{NH}_3$ | -0.61 | |
| | $\text{Cd}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cd} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.01 | |
| | $\text{CdO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cd} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.06 | |
| Ce | $\text{Ce}^{3+} + 3e = \text{Ce}\downarrow$ | -2.40 | |
| Cl | $\text{Cl}_2\uparrow + 2e = 2\text{Cl}^-$ | +1.36 | |
| | $2\text{HOCl} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.63 | |
| | $2\text{ClO}^- + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cl}_2\uparrow + 4\text{OH}^-$ | +0.40 | |
| | $\text{HClO} + \text{H}^+ + 2e = \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ | +1.50 | |
| | $\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$ | +0.88 | |
| | $\text{HClO}_2 + 6\text{H}^+ + 6e = \text{Cl}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.63 | |
| | $\text{HClO}_2 + 3\text{H}^+ + 4e = \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.56 | |
| | $\text{ClO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e = \text{Cl}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.45 | |
| | $\text{ClO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}^- + 2\text{OH}^-$ | +0.66 | |
| | $\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$ | +0.33 | |
| | $3\text{ClO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e = \text{Cl}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ | +1.47 | |
| | $\text{ClO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{Cl}^- + 6\text{OH}^-$ | +0.63 | |
| | $\text{ClO}_4^- + 2\text{H}^+ + 2e = \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$ | +1.19 | |
| | $\text{ClO}_4^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{ClO}_3^- + 2\text{OH}^-$ | +0.36 | |
| | $2\text{ClO}_4^- + 16\text{H}^+ + 14e = \text{Cl}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ | +1.39 | |
| | $\text{ClO}_4^- + 8\text{H}^+ + 8e = \text{Cl}^- + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.38 | |
| | $\text{ClO}_4^- + 4\text{H}_2\text{O} + 8e = \text{Cl}^- + 8\text{OH}^-$ | +0.56 | |
| | $\text{Cl}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{HCl}$ | +0.99 | |
| | $\text{Cl}_2\text{O} + 4\text{H}^+ + 4e = 2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}$ | +1.35 | |
| | $\text{Cl}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | +1.88 | |
| | $\text{Cl}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 4e = 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$ | +2.15 | |
| | $\text{ClO}_2 + 5\text{H}^+ + 5e = \text{HCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.44 | |
| | $\text{ClO}_2 + 4\text{H}^+ + 5e = \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.51 | |
| | $2\text{ClO}_2 + 8\text{H}^+ + 8e = \text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.54 | |
| | Co | $\text{Co}^{3+} + e = \text{Co}^{2+}$ | +1.84 |
| | | $\text{Co}^{3+} + 3e = \text{Co}\downarrow$ | +0.33 |
| | | $\text{Co}^{2+} + 2e = \text{Co}\downarrow$ | -0.28 |
| | | $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{3+} + e = \text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+}$ | +0.10 |
| | | $\text{Co}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2e = \text{Co}\downarrow + 6\text{NH}_3\uparrow$ | -0.42 |
| | | $[\text{Co}(\text{CN})_6]^{3-} + e = [\text{Co}(\text{CN})_6]^{4-}$ | -0.83 |
| $\text{CoCO}_3 + 2e = \text{Co} + \text{CO}_3^{2-}$ | | -0.64 | |
| $\text{Co}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Co} + 2\text{H}_2\text{O}$ | | +0.10 | |



| | | | |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------|
| | $\text{Co(OH)}_3 + e = \text{Co(OH)}_2 + \text{OH}^-$ | +0.17 | |
| | $\text{CoO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Co} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.17 | |
| | $\text{HCoO}_2^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{Co} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.66 | |
| | $\text{CoO}_2 + 4\text{H}^+ + e = \text{Co}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.42 | |
| | $\text{CoO}_2 + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Co}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.61 | |
| Cr | $\text{Cr}^{3+} + 3e = \text{Cr}\downarrow$ | -0.74 | |
| | $\text{Cr}^{3+} + e = \text{Cr}^{2+}$ | -0.41 | |
| | $\text{Cr(OH)}_3\downarrow + 3e = \text{Cr}\downarrow + 3\text{OH}^-$ | -1.30 | |
| | $\text{Cr(OH)}_2\downarrow + 2e = \text{Cr}\downarrow + 2\text{OH}^-$ | -1.40 | |
| | $\text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{Cr}\downarrow + 4\text{OH}^-$ | -1.20 | |
| | $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6e = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ | +1.33 | |
| | $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{Cr(OH)}_3\downarrow + 5\text{OH}^-$ | -0.13 | |
| | $\text{Cr}^{2+} + 2e = \text{Cr}\downarrow$ | +0.91 | |
| | $\text{Cr(OH)}_3\downarrow + 3\text{H}^+ + 3e = \text{Cr}\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ | -0.65 | |
| | $\text{CrO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cr} + \text{H}_2\text{O}$ | -0.59 | |
| | $\text{CrO}_2^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{Cr} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +2.13 | |
| | $\text{H}_2\text{CrO}_4 + 6\text{H}^+ + 6e = \text{Cr} + 4\text{H}_2\text{O}$ | +0.30 | |
| | $\text{CrO}_4^{2-} + 2\text{H}^+ + 3e = \text{CrO}_3^{3-} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.36 | |
| | $\text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 6e = \text{Cr} + 4\text{H}_2\text{O}$ | +0.37 | |
| | $\text{CrO}_3^{3-} + 6\text{H}^+ + 3e = \text{Cr} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.37 | |
| | $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 3e = \text{CrO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.95 | |
| | $\text{CrO}_2^- + 4\text{H}^+ + e = \text{Cr}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.19 | |
| | $\text{H}_2\text{CrO}_4 + 6\text{H}^+ + 3e = \text{Cr}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.34 | |
| | $\text{CrO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{CrO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.44 | |
| | $\text{CrO}_2 + 4\text{H}^+ + e = \text{Cr}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.56 | |
| | Cs | $\text{Cs}^+ + e = \text{Cs}\downarrow$ | -2.91 |
| | Cu | $\text{Cu}^{2+} + 2e = \text{Cu}\downarrow$ | +0.34 |
| | | $\text{Cu}^+ + e = \text{Cu}\downarrow$ | +0.52 |
| $\text{Cu}^{2+} + e = \text{Cu}^+$ | | +0.15 | |
| $\text{Cu}^{2+} + \text{Br}^- + e = \text{CuBr}\downarrow$ | | +0.64 | |
| $\text{Cu}^{2+} + \text{Cl}^- + e = \text{CuCl}\downarrow$ | | +0.54 | |
| $\text{CuCl}\downarrow + e = \text{Cu}\downarrow + \text{Cl}^-$ | | +0.14 | |
| $\text{Cu}^{2+} + \text{I}^- + e = \text{CuI}\downarrow$ | | +0.86 | |
| $\text{CuBr}\downarrow + e = \text{Cu}\downarrow + \text{Br}^-$ | | +0.03 | |
| $\text{CuI}\downarrow + e = \text{Cu}\downarrow + \text{I}^-$ | | -0.19 | |
| $\text{Cu(NH}_3)_4^{2+} + e = \text{Cu(NH}_3)_2^+ + 2\text{NH}_3\uparrow$ | | -0.01 | |
| $\text{Cu(NH}_3)_2^+ + e = \text{Cu}\downarrow + 2\text{NH}_3\uparrow$ | | -0.12 | |
| $\text{Cu(NH}_3)_4^{2+} + 2e = \text{Cu}\downarrow + 4\text{NH}_3\uparrow$ | | -0.07 | |

| | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| | $\text{Cu} + \text{H}^+ + e = \text{CuH}$ | -2.78 |
| | $\text{Cu}_2\text{S} + 2e = 2\text{Cu} + \text{S}^{2-}$ | -0.93 |
| | $\text{CuS} + 2e = \text{Cu} + \text{S}^{2-}$ | -0.79 |
| | $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^- + e = \text{Cu} + 2\text{CN}^-$ | -0.43 |
| | $\text{CuSCN} + e = \text{Cu} + \text{SCN}^-$ | -0.27 |
| | $\text{CuI}_2^- + e = \text{Cu} + 2\text{I}^-$ | 0.00 |
| | $2\text{Cu}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+$ | +0.20 |
| | $\text{Cu}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.47 |
| | $\text{CuO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.57 |
| | $\text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.61 |
| | $2\text{CuO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.67 |
| | $\text{Cu}_2 + \text{CN}^- + e = \text{CuCN}$ | +1.12 |
| | $\text{HCuO}_2^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.13 |
| | $\text{CuO}_2^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Cu} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.52 |
| F | $\text{F}_2\uparrow + 2e = 2\text{F}^-$ | +2.87 |
| | $\text{F}_2\uparrow + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{HF}$ | +3.06 |
| Fe | $\text{Fe}^{3+} + e = \text{Fe}^{2+}$ | +0.77 |
| | $\text{Fe}^{3+} + 3e = \text{Fe}\downarrow$ | -0.04 |
| | $\text{Fe}^{2+} + 2e = \text{Fe}\downarrow$ | -0.44 |
| | $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-} + e = \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ | +0.36 |
| | $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + e = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{OH}^-$ | -0.56 |
| | $\text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + 2e = \text{Fe}\downarrow + 2\text{OH}^-$ | -0.88 |
| | $\text{FeS}\downarrow + 2e = \text{Fe}\downarrow + \text{S}^{2-}$ | -0.98 |
| | $\text{Fe}_2\text{S}_3\downarrow + 2e = 2\text{FeS}\downarrow + \text{S}^{2-}$ | -0.67 |
| | $\text{FeCO}_3\downarrow + 2e = \text{Fe}\downarrow + \text{CO}_3^{2-}$ | -0.76 |
| | $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ + 8e = 3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$ | -0.09 |
| | $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{Fe}(\text{OH})_2$ | -0.06 |
| | $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 6e = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$ | -0.05 |
| | $\text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Fe} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.05 |
| | $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}^+ + 3e = \text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.06 |
| | $\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}^+ + e = \text{Fe}(\text{OH})_2\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ | +0.27 |
| | $\text{FeOH}^{2+} + \text{H}^+ + e = \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.91 |
| | $\text{Fe}_3\text{O}_4 + 8\text{H}^+ + 2e = 3\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | +0.98 |
| | $\text{FeO}_4^{2-} + 5\text{H}^+ + 4e = \text{HFeO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.00 |
| | $\text{FeO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ + 3e = \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.70 |
| Ga | $\text{Ga}^{3+} + 3e = \text{Ga}$ | -0.53 |
| | $\text{Ga}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3e = \text{Ga} + 3\text{H}_2\text{O}$ | -0.42 |
| | $\text{GaO}_3^{3-} + 6\text{H}^+ + 3e = \text{Ga} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.32 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

| | | |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| Ge | $\text{Ge}^{2+} + 2e = \text{Ge}\downarrow$ | 0.00 |
| | $\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 2e = \text{Ge}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$ | -0.36 |
| | $\text{H}_2\text{GeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Ge} + 3\text{H}_2\text{O}$ | -0.18 |
| | $\text{GeO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Ge} + \text{H}_2\text{O}$ | -0.29 |
| | $\text{GeO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Ge} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.25 |
| H | $2\text{D}^+ + 2e = \text{D}_2\downarrow$ | -0.0034 |
| | $2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\uparrow$ | 0.00 |
| | $2\text{H}^+(10^{-7}\text{M}) + 2e = \text{H}_2\uparrow$ | -0.41 |
| | $2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ | -0.83 |
| | $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.77 |
| | $\text{H}^+ + e = \text{H}\uparrow$ | -2.10 |
| | $\frac{1}{2}\text{H}_2\uparrow + e = \text{H}^-$ | -2.25 |
| Hg | $\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}\downarrow$ | +0.85 |
| | $\text{Hg}_2^{2+} + 2e = \text{Hg}\downarrow$ | +0.79 |
| | $2\text{Hg}^{2+} + 2e = \text{Hg}_2^{2+}$ | +0.91 |
| | $\text{Hg}_2\text{Cl}_2\downarrow + 2e = 2\text{Hg}\downarrow + 2\text{Cl}^-$ | +0.27 |
| | $\text{HgS} + 2e = \text{Hg} + \text{S}^{2-}$ | -0.75 |
| | $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-} + 2e = \text{Hg} + 4\text{CN}^-$ | -0.37 |
| | $\text{Hg}_2\text{I}_2 + 2e = 2\text{Hg} + 2\text{I}^-$ | -0.04 |
| | $\text{HgI}_4 + 4e = \text{Hg} + 4\text{I}^-$ | -0.04 |
| | $\text{Hg}_2\text{Br}_2 + 2e = 2\text{Hg} + 2\text{Br}^-$ | +0.14 |
| | $[\text{HgBr}_4]^{2-} + 2e = \text{Hg} + 4\text{Br}^-$ | +0.21 |
| | $[\text{HgCl}_4]^{2-} + 2e = \text{Hg} + 4\text{Cl}^-$ | +0.48 |
| | $\text{Hg}_2\text{SO}_4 + 2e = 2\text{Hg} + \text{SO}_4^{2-}$ | +0.62 |
| | $\text{HgO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Hg} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.93 |
| | $\text{Hg}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Hg} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.03 |
| I | $\text{I}_2\downarrow + 2e = 2\text{I}^-$ | +0.54 |
| | $\text{I}_3^- + 2e = 3\text{I}^-$ | +0.55 |
| | $2\text{HIO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{I}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.45 |
| | $2\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{I}_2\downarrow + 4\text{OH}^-$ | +0.45 |
| | $\text{HIO} + \text{H}^+ + 2e = \text{I}^- + \text{H}_2\text{O}$ | +0.99 |
| | $\text{IO}^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{I}^- + 2\text{OH}^-$ | +0.49 |
| | $\text{IO}_3^- + 5\text{H}^+ + 4e = \text{HIO} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.14 |
| | $\text{IO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{IO}^- + 4\text{OH}^-$ | +0.14 |
| | $2\text{IO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e = \text{I}_2\downarrow + 6\text{H}_2\text{O}$ | +1.19 |
| | $2\text{IO}_3^- + 6\text{H}_2\text{O} + 10e = \text{I}_2\downarrow + 12\text{OH}^-$ | +0.21 |
| | $\text{IO}_3^- + 6\text{H}^+ + 6e = \text{I}^- + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.08 |



| | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| | $\text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{I}^- + 6\text{OH}^-$ | +0.26 |
| | $2\text{ICN} + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{I}_2 + 2\text{HCN}$ | +0.63 |
| | $\text{H}_3\text{IO}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{IO}_3^- + 3\text{OH}^-$ | +0.70 |
| | $2\text{IBr}_2 + 4\text{e} = \text{I}_2 + 4\text{Br}^-$ | +0.87 |
| | $2\text{IBr} + 2\text{e} = \text{I}_2 + 2\text{Br}^-$ | +1.02 |
| | $\text{H}_5\text{IO}_6 + \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{IO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.60 |
| K | $\text{K}^+ + \text{e} = \text{K}\downarrow$ | -2.93 |
| La | $\text{La}^{3+} + 3\text{e} = \text{La}\downarrow$ | -2.52 |
| Li | $\text{Li}^+ + \text{e} = \text{Li}\downarrow$ | -3.03 |
| Mg | $\text{Mg}^{2+} + 2\text{e} = \text{Mg}\downarrow$ | -2.37 |
| | $\text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{e} = \text{Mg}\downarrow + 2\text{OH}^-$ | -2.69 |
| Mn | $\text{Mn}^{2+} + 2\text{e} = \text{Mn}\downarrow$ | -1.19 |
| | $\text{Mn}^{3+} + \text{e} = \text{Mn}^{2+}$ | +1.51 |
| | $\text{MnO}_2\downarrow + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.23 |
| | $\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{OH}^-$ | -0.05 |
| | $\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{MnO}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +2.26 |
| | $\text{MnO}_4^- + \text{e} = \text{MnO}_4^{2-}$ | +0.56 |
| | $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e} = \text{MnO}_2\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.69 |
| | $\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e} = \text{MnO}_2\downarrow + 4\text{OH}^-$ | +0.60 |
| | $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.51 |
| | $\text{Mn}(\text{OH})_3\downarrow + \text{e} = \text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + \text{OH}^-$ | +0.10 |
| | $\text{Mn}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{e} = \text{Mn}\downarrow + 2\text{OH}^-$ | -1.55 |
| | $\text{MnCO}_3\downarrow + 2\text{e} = \text{Mn}\downarrow + \text{CO}_3^{2-}$ | -1.48 |
| | $\text{Mn}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Mn}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.73 |
| | $\text{Mn}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ + 2\text{e} = 2\text{Mn}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.44 |
| | $\text{Mn}^{3+} + \text{e} = \text{Mn}^{2+}$ | +1.51 |
| N | $\text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{NH}_2\text{OH} + 2\text{OH}^-$ | -3.04 |
| | $\text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{OH}^-$ | -1.16 |
| | $\text{N}_2\uparrow + 8\text{H}^+ + 6\text{e} = 2\text{NH}_4^+$ | +0.26 |
| | $\text{N}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = 2\text{NH}_4\text{OH} + 6\text{OH}^-$ | -0.76 |
| | $\text{N}_2\text{H}_4 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = 2\text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$ | +0.10 |
| | $\text{NH}_2\text{OH} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{NH}_4\text{OH} + 2\text{OH}^-$ | +0.42 |
| | $\text{HNO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} = \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | +0.99 |
| | $\text{NO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + \text{e} = \text{NO}\uparrow + 2\text{OH}^-$ | -0.46 |
| | $2\text{HNO}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e} = \text{N}_2\text{O}\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ | +1.29 |
| | $2\text{HNO}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.44 |
| | $2\text{NO}_2^- + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{N}_2\uparrow + 8\text{OH}^-$ | +0.41 |
| | $\text{HNO}_2 + 7\text{H}^+ + 6\text{e} = \text{NH}_4^+ + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.86 |

| | | |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| | $\text{NO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} + 6e = \text{NH}_4\text{OH} + 7\text{OH}^-$ | +0.15 |
| | $\text{N}_2\text{O}\uparrow + 2\text{H}^+ + 2e = \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | +1.77 |
| | $\text{N}_2\text{O}\uparrow + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{N}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ | +0.94 |
| | $2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}^+ + 4e = \text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.68 |
| | $2\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{N}_2\uparrow + 4\text{OH}^-$ | +0.85 |
| | $\text{N}_2\text{O}_4\uparrow + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{HNO}_2$ | +1.07 |
| | $\text{N}_2\text{O}_4\uparrow + 2e = 2\text{NO}_2^-$ | +0.88 |
| N | $\text{N}_2\text{O}_4\uparrow + 8\text{H}^+ + 8e = \text{N}_2\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ | +1.35 |
| | $\text{N}_2\text{O}_4\uparrow + 4\text{H}_2\text{O} + 8e = \text{N}_2\uparrow + 8\text{OH}^-$ | +0.53 |
| | $\text{NO}_3^- + 3\text{H}^+ + 2e = \text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | +0.94 |
| | $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{NO}_2^- + 2\text{OH}^-$ | +0.01 |
| | $\text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ + 2e = \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | +0.80 |
| | $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + e = \text{NO}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ | -0.86 |
| | $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e = \text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.96 |
| | $\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 3e = \text{NO}\uparrow + 4\text{OH}^-$ | -0.14 |
| | $2\text{NO}_3^- + 12\text{H}^+ + 10e = \text{N}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$ | +1.24 |
| | $\text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ + 8e = \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.87 |
| | $\text{NO}_3^- + 7\text{H}_2\text{O} + 8e = \text{NH}_4\text{OH} + 9\text{OH}^-$ | -0.12 |
| | $2\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 2e = \text{N}_2\text{O}_4\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.80 |
| | $\text{N}_2\text{O} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{N}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | +1.77 |
| | $\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{N}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +2.65 |
| | Na | $\text{Na}^+ + e = \text{Na}\downarrow$ |
| Ni | $\text{Ni}^{2+} + 2e = \text{Ni}\downarrow$ | -0.23 |
| | $\text{Ni}(\text{NH}_3)_6^{2+} + 2e = \text{Ni}\downarrow + 6\text{NH}_3\uparrow$ | -0.48 |
| | $\text{Ni}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Ni} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.11 |
| | $\text{NiO} + 2\text{H}^+ + 2e = \text{Ni} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.12 |
| O | $\text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+ + 4e = 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.23 |
| | $\text{O}_2\uparrow + 4\text{H}^+ (10^{-7}\text{M}) + 4e = 2\text{H}_2\text{O}$ | +0.82 |
| | $\text{O}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O} + 4e = 4\text{OH}^-$ | +0.40 |
| | $\text{O}_2\uparrow + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{O}_2$ | +0.68 |
| | $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e = 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.77 |
| | $\text{O}_3\uparrow + 2\text{H}^+ + 2e = \text{O}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | +2.07 |
| | $\text{O}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{O}_2\uparrow + 2\text{OH}^-$ | +1.24 |
| P | $\text{P}\downarrow + 3\text{H}_2\text{O} + 3e = \text{PH}_3\uparrow + 3\text{OH}^-$ | -0.89 |
| | $\text{P}\downarrow + 3\text{H}^+ + 3e = \text{PH}_3\uparrow$ | +0.06 |
| | $\text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}^+ + e = \text{P}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.51 |

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------|
| | $\text{H}_3\text{PO}_4 + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | -0.28 | |
| | $\text{H}_3\text{PO}_3 + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_3\text{PO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | -0.50 | |
| | $\text{HPO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{H}_2\text{PO}_2^-$ | -1.57 | |
| Pb | $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pb}\downarrow$ | -0.13 | |
| | $\text{Pb}^{4+} + 2\text{e} = \text{Pb}^{2+}$ | +1.80 | |
| | $\text{Pb}^{4+} + 4\text{e} = \text{Pb}\downarrow$ | +0.84 | |
| | $\text{PbO}_2\downarrow + 4 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.46 | |
| | $\text{PbO}_2\downarrow + 4 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e} = \text{PbSO}_4\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | +1.68 | |
| | $\text{PbO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{PbO}_2^{2-} + 2 \text{OH}^-$ | +0.20 | |
| | $\text{PbO}_2\downarrow + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{Pb}\downarrow + 2 \text{OH}^-$ | +0.25 | |
| | $\text{PbCl}_2\downarrow + 2\text{e} = \text{Pb}\downarrow + 2 \text{Cl}^-$ | -0.27 | |
| | $\text{PbBr}_2\downarrow + 2\text{e} = \text{Pb}\downarrow + 2 \text{Br}^-$ | -0.28 | |
| | $\text{PbI}_2\downarrow + 2\text{e} = \text{Pb}\downarrow + 2 \text{I}^-$ | -0.37 | |
| | $\text{PbSO}_4 + 2\text{e} = \text{Pb}\downarrow + \text{SO}_4^{2-}$ | -0.36 | |
| | Pt | $\text{Pt}^{2+} + 2\text{e} = \text{Pt}\downarrow$ | +1.20 |
| | | $\text{PtCl}_4^{2+} + 2\text{e} = \text{Pt}\downarrow + 4 \text{Cl}^-$ | +0.73 |
| $\text{PtCl}_6^{2-} + 2\text{e} = \text{PtCl}_4^{2-} + 2 \text{Cl}^-$ | | +0.70 | |
| Rb | $\text{Rb}^+ + \text{e} = \text{Rb}\downarrow$ | -2.93 | |
| S | $\text{S}\downarrow + 2\text{e} = \text{S}^{2-}$ | -0.48 | |
| | $\text{S}\downarrow + 2 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{S}\uparrow$ | +0.14 | |
| | $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6 \text{H}^+ + 4\text{e} = 2\text{S}\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.50 | |
| | $\text{S}_4\text{O}_6^{2-} + 2\text{e} = 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ | +0.09 | |
| | $2\text{H}_2\text{SO}_3 + 2 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.40 | |
| | $\text{SO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6 \text{OH}^-$ | -0.58 | |
| | $\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | +0.17 | |
| | $2\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 4 \text{OH}^-$ | -1.12 | |
| | $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} = \text{SO}_3^{2-} + 2 \text{OH}^-$ | -0.98 | |
| | $2\text{SO}_4^{2-} + 10 \text{OH}^- + 8\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 5\text{H}_2\text{O}$ | +0.29 | |
| | $2\text{SO}_4^{2-} + 5\text{H}_2\text{O} + 8\text{e} = \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 10 \text{OH}^-$ | -0.76 | |
| | $\text{SO}_4^{2-} + 8 \text{H}^+ + 6\text{e} = \text{S}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$ | +0.36 | |
| | $\text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}_2\text{O} + 6\text{e} = \text{S}\downarrow + 8 \text{OH}^-$ | -0.75 | |
| | $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{e} = 2\text{SO}_4^{2-}$ | +2.00 | |
| | $2\text{SO}_4^{2-} + 4 \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{S}_2\text{O}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.22 | |
| | $2\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{H}^+ + 2\text{e} = \text{HS}_2\text{O}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.08 | |
| | $\text{H}_2\text{SO}_3 + 4 \text{H}^+ + 4\text{e} = \text{S}\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.45 | |



| | | |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Se | $\text{Se}\downarrow + 2e = \text{Se}^{2-}$ | -0.92 |
| | $\text{Se}\downarrow + 2\text{H}^+ + 4e = \text{H}_2\text{Se}\uparrow$ | -0.40 |
| | $\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Se}\downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ | +0.74 |
| Si | $\text{Si}\downarrow + 4\text{H}^+ + 4e = \text{SiH}_4\uparrow$ | +0.10 |
| | $\text{Si}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{SiH}_4\uparrow$ | -0.73 |
| | $\text{SiO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} + 4e = \text{Si}\downarrow + 4\text{OH}^-$ | -1.70 |
| | $\text{SiO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Si}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.86 |
| | $\text{SiF}_6^{2-} + 4e = \text{Si}\downarrow + 6\text{F}^-$ | -1.20 |
| Sn | $\text{Sn}^{2+} + 2e = \text{Sn}\downarrow$ | -0.14 |
| | $\text{Sn}^{4+} + 2e = \text{Sn}^{2+}$ | +0.15 |
| | $\text{Sn}^{4+} + 4e = \text{Sn}\downarrow$ | +0.01 |
| | $\text{HSnO}_2^- + \text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Sn}\downarrow + 3\text{OH}^-$ | -0.91 |
| | $\text{Sn}(\text{OH})_6^{2-} + 2e = \text{HSnO}_2^- + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O}$ | -0.92 |
| Sr | $\text{Sr}^{2+} + 2e = \text{Sr}\downarrow$ | -2.89 |
| Te | $\text{Te}\downarrow + 2e = \text{Te}^{2-}$ | -1.14 |
| | $\text{Te}\downarrow + 2\text{H}^+ + 2e = \text{H}_2\text{Te}\uparrow$ | -0.71 |
| Ti | $\text{Ti}^{2+} + 2e = \text{Ti}\downarrow$ | -1.63 |
| | $\text{Ti}^{3+} + e = \text{Ti}^{2+}$ | -0.37 |
| | $\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + 4e = \text{Ti}\downarrow + 4\text{H}_2\text{O}$ | -0.89 |
| | $\text{TiO}^{2+} + 2\text{H}^+ + e = \text{Ti}^{3+} + \text{H}_2\text{O}$ | +0.10 |
| | $\text{TiF}_6^{2-} + 4e = \text{Ti}\downarrow + 6\text{F}^-$ | -1.19 |
| | $\text{TiO}_2\downarrow + 4\text{H}^+ + 4e = \text{Ti}\downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ | -0.86 |
| U | $\text{U}^{3+} + 3e = \text{U}\downarrow$ | -1.80 |
| | $\text{U}^{4+} + e = \text{U}^{3+}$ | -0.64 |
| V | $\text{V}^{2+} + 2e = \text{V}\downarrow$ | -1.20 |
| | $\text{V}^{3+} + e = \text{V}^{2+}$ | -0.26 |
| Zn | $\text{Zn}^{2+} + 2e = \text{Zn}\downarrow$ | -0.76 |
| | $\text{Zn}(\text{CN})_4^{2-} = \text{Zn}\downarrow + 4\text{CN}^-$ | -1.26 |
| | $\text{Zn}(\text{NH}_3)_4^{2+} + 2e = \text{Zn}\downarrow + 4\text{NH}_3\uparrow$ | -1.04 |
| | $\text{Zn}(\text{OH})_2\downarrow + 2e = \text{Zn}\downarrow + 2\text{OH}^-$ | -1.25 |
| | $\text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e = \text{Zn}\downarrow + 4\text{OH}^-$ | -1.22 |
| | $\text{ZnCO}_3\downarrow + 2e = \text{Zn}\downarrow + \text{CO}_3^{2-}$ | -1.06 |
| | $\text{ZnS}\downarrow + 2e = \text{Zn}\downarrow + \text{S}^{2-}$ | -1.42 |

Термодинамические величины некоторых неорганических веществ при $T = 298^0$ и $P = 1$ атм

| Вещество | ΔH^0_{298} кДж/моль | ΔG^0_{298} кДж/моль | S^0_{298} Дж/моль*К | Вещество | ΔH^0_{298} кДж/моль | ΔG^0_{298} кДж/моль | S^0_{298} Дж/моль*К |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Al ₂ O ₃ (к) | -1670 | -1533 | 50,9 | NiO(т) | -240 | -212 | 33,1 |
| Al(к) | 0 | 0 | 28,4 | Ni(т) | 0 | 0 | 29,7 |
| C(граф) | 0 | 0 | 5,7 – | NO(г) | 90,3 | 86,7 | 210,7 |
| CO(г) | -111 | -137 | 197,5 | NO ₂ (г) | 33,5 | 51,8 | 240,2 |
| CO ₂ (г) | -393 | -395 | 213,7 | NH ₄ (г) | -46,2 | -33,2 | 192,6 |
| Cr ₂ O ₃ (к) | -1440 | -1060 | 81,2 | O ₂ (г) | 0 | 0 | 205,0 |
| Cr(к) | 0 | 0 | 23,6 | SO ₂ (г) | -296,9 | -305,0 | 248 |
| Fe(к) | 0 | 0 | 27,2 | SO ₃ (г) | -395,8 | -280,0 | 256,7 |
| Fe ₂ O ₃ (т) | -822,2 | -744 | 87,4 | Zr(к) | 0 | 0 | 39,0 |
| Fe ₃ O ₄ (т) | -1117 | -1020 | 146,2 | ZrCl ₄ (т) | -980,0 | -887,0 | 173 |
| H ₂ (г) | 0 | 0 | 130,6 | Ti(т) | 0 | 0 | 30,7 |
| H ₂ O(г) | -242 | -229 | 188,7 | TiO ₂ (т) | -1070 | -890 | 50,3 |
| H ₂ O(ж) | -286 | -238 | 70,2 | MgO(г) | -601 | -569 | 26,9 |
| Mn ₃ O ₄ (т) | -1385 | -1280 | 149,0 | Mg(т) | 0 | 0 | 32,7 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| MnO(т) | -385 | -480 | 61,5 | Cl ₂ (г) | 0 | 0 | 223 |
| Mn(т) | 0 | 0 | 32,0 | PbO(т) | -217 | -188 | 66,7 |
| MgCl ₂ (т) | -642 | -593 | 89,8 | Pb(т) | 0 | 0 | 65,0 |
| MnO ₂ | -519,65 | 465,99 | 53,14 | CaO(т) | -635,5 | -604,2 | 39,7 |
| H ₂ S(г) | -21,0 | -33,8 | 205,7 | | | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица растворимости некоторых веществ в воде

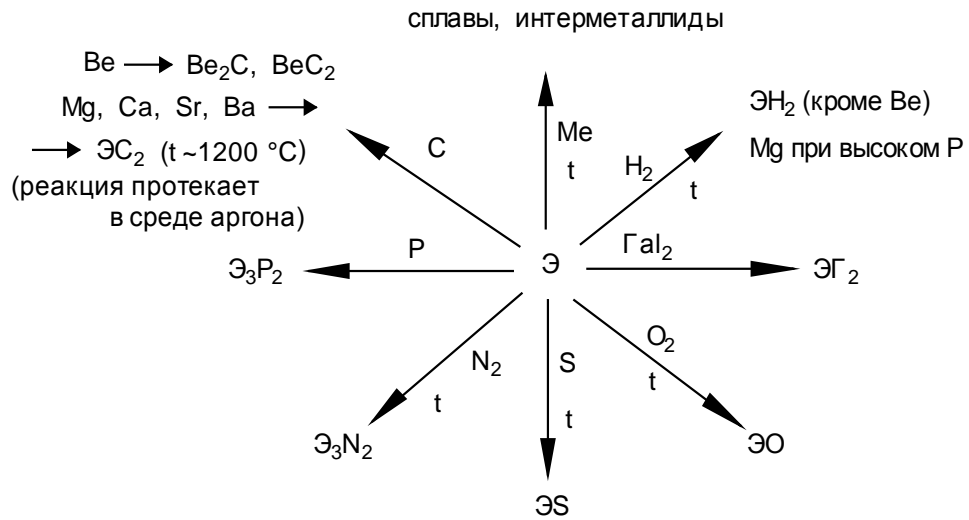
| | H ⁺ | NH ₄ ⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | Ba ²⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | Cr ³⁺ | Fe ³⁺ | Fe ²⁺ | Mn ²⁺ | Zn ²⁺ | Ag ⁺ | Hg ⁺ | Hg ²⁺ | Cu ²⁺ | Pb ²⁺ | Bi ³⁺ | Sn ²⁺ |
|----------------------------------|----------------|------------------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| F ⁻ | р | р | р | р | м | н | н | р | р | р | м | м | м | р | н | м | н | н | н | р |
| Cl ⁻ | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | н | н | р | р | м | — | р |
| Br ⁻ | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | н | н | р | р | м | — | р |
| I ⁻ | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | н | н | н | р | н | — | м |
| OH ⁻ | р | р | р | р | р | м | м | н | н | н | н | н | н | — | — | — | н | н | н | н |
| NO ₃ ⁻ | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | — |
| S ²⁻ | р | р | р | р | р | р | р | — | — | — | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н |
| SO ₃ ²⁻ | — | — | р | р | н | н | н | — | — | — | н | н | н | н | н | н | н | н | н | — |
| SO ₄ ²⁻ | р | р | р | р | н | м | р | р | р | р | р | р | р | м | м | р | р | н | р | р |
| PO ₄ ³⁻ | р | р | р | р | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н |
| SiO ₃ ²⁻ | н | — | р | р | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | — | — | н | н | — | н |
| CO ₃ ²⁻ | — | р | р | р | н | н | н | — | — | н | н | н | н | н | н | н | н | н | н | — |
| HCOO ⁻ | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | м | р | р | р | р | р |
| CH ₃ COO ⁻ | р | р | р | р | р | р | р | м | р | р | р | р | р | р | м | р | р | р | р | р |

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

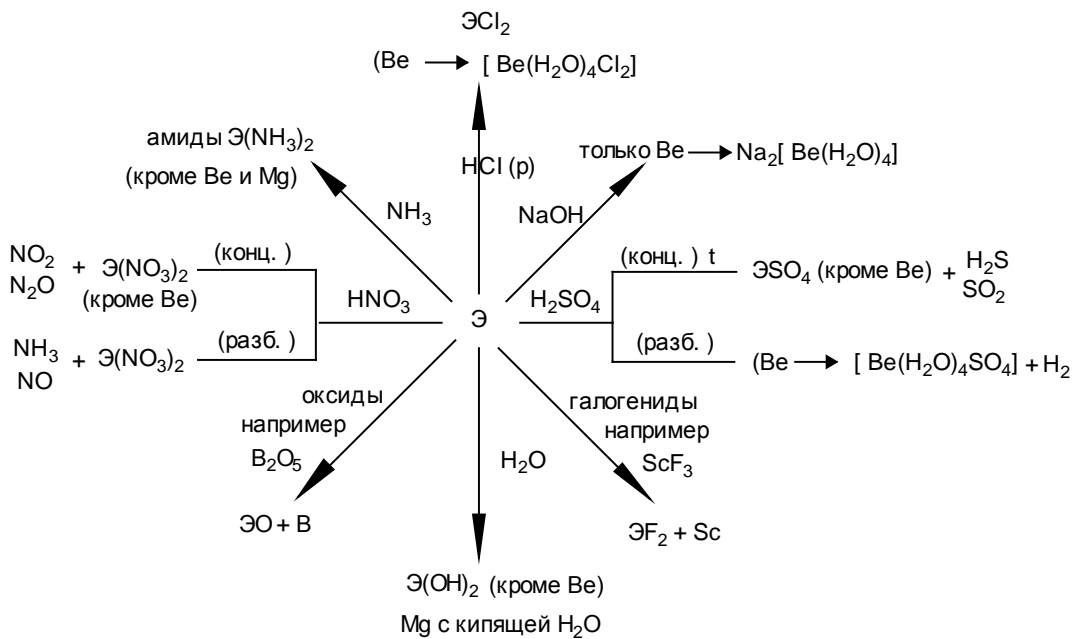
Произведения растворимости малорастворимых в воде веществ при t = 25 °С

| Вещество | ПР | Вещество | ПР | Вещество | ПР |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|
| BaCO ₃ | 8 × 10 ⁻⁹ | CoCO ₃ | 1 × 10 ⁻¹² | Se(OH) ₃ | 1 × 10 ⁻²⁸ |
| BaSO ₄ | 1 × 10 ⁻¹⁰ | Fe(OH) ₂ | 4,8 × 10 ⁻¹⁶ | SrSO ₄ | 2,8 × 10 ⁻⁷ |
| BaCrO ₄ | 2,3 × 10 ⁻¹⁰ | Fe(OH) ₃ | 4 × 10 ⁻³⁸ | TeCl | 1,5 × 10 ⁻⁴ |
| Be(OH) ₂ | 2,7 × 10 ⁻¹⁰ | FeS | 4 × 10 ⁻¹⁹ | PbCrO ₄ | 2,8 × 10 ⁻¹³ |
| CaCO ₃ | 4,8 × 10 ⁻⁹ | CuS | 4 × 10 ⁻³⁸ | PbI ₂ | 1,1 × 10 ⁻⁹ |
| CaC ₂ O ₄ | 2,6 × 10 ⁻⁹ | LiCO ₃ | 1,7 × 10 ⁻³ | PbBr ₂ | 9,1 × 10 ⁻⁶ |
| CaCrO ₄ | 7,1 × 10 ⁻¹¹ | MgCrO ₄ | 1,2 × 10 ⁻³ | PbCl ₂ | 1,7 × 10 ⁻⁵ |
| CaSO ₄ | 6,1 × 10 ⁻⁵ | MgCO ₃ | 4 × 10 ⁻⁵ | PbCO ₃ | 1,5 × 10 ⁻¹³ |
| Co(OH) ₃ | 1 × 10 ⁻²¹ | Mg(OH) ₂ | 3,2 × 10 ⁻¹¹ | PbSO ₄ | 1,8 × 10 ⁻⁸ |
| Co(OH) ₂ | 2 × 10 ⁻¹⁶ | Ni(OH) ₂ | 1,6 × 10 ⁻¹⁴ | Zn(OH) ₂ | 1 × 10 ⁻¹⁷ |

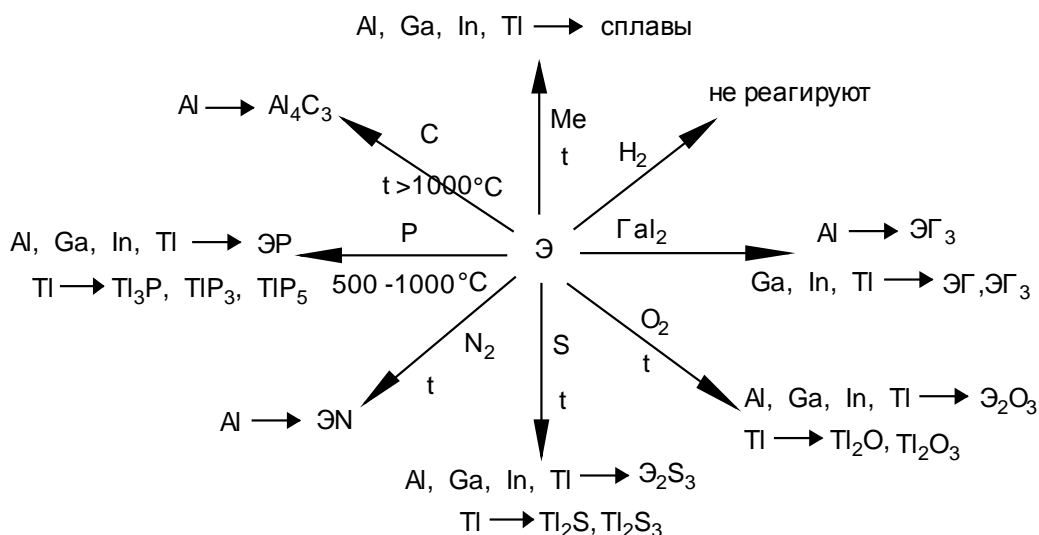




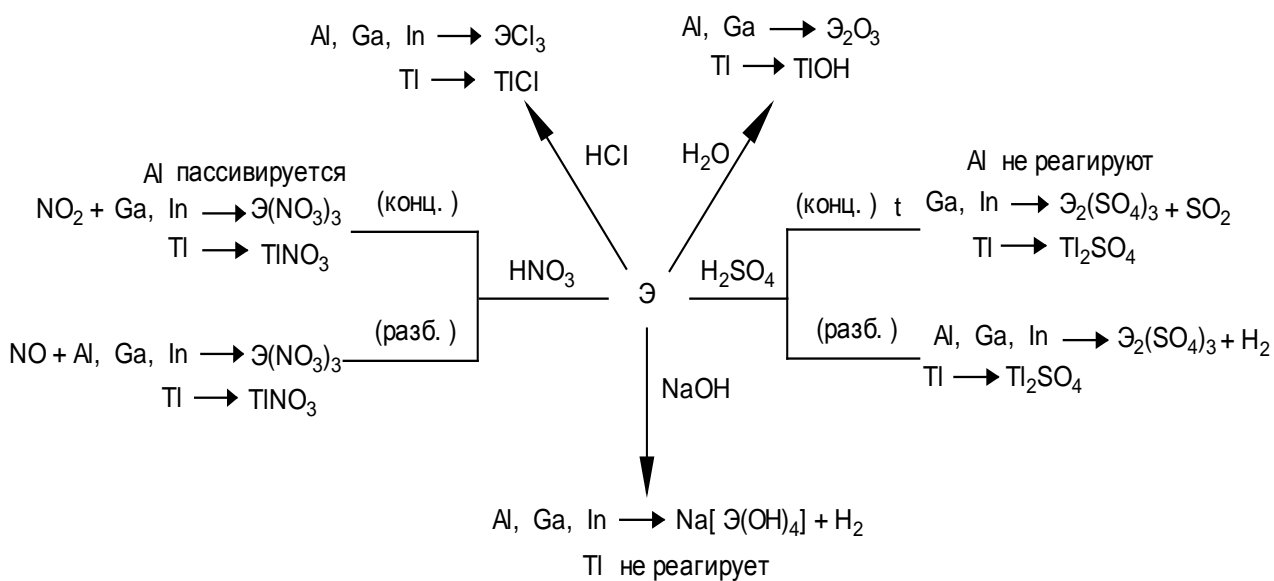
Взаимодействие металлов IIА-группы с простыми веществами



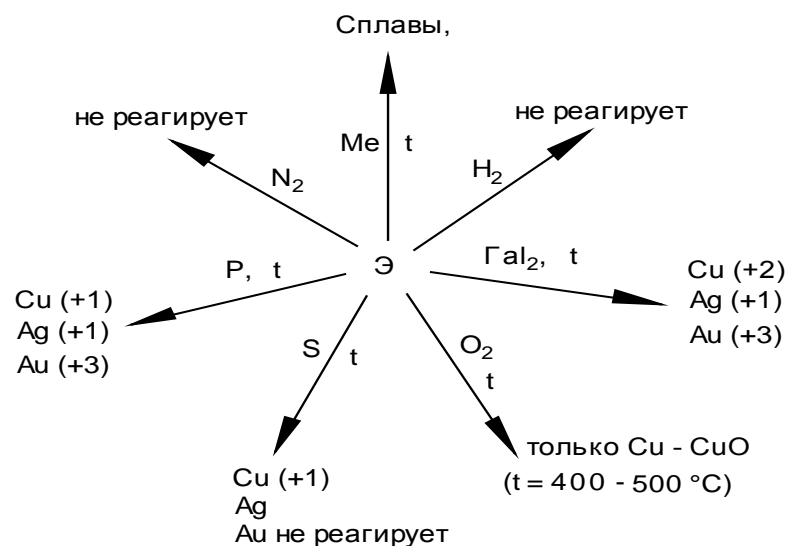
Химические свойства металлов IIА-группы



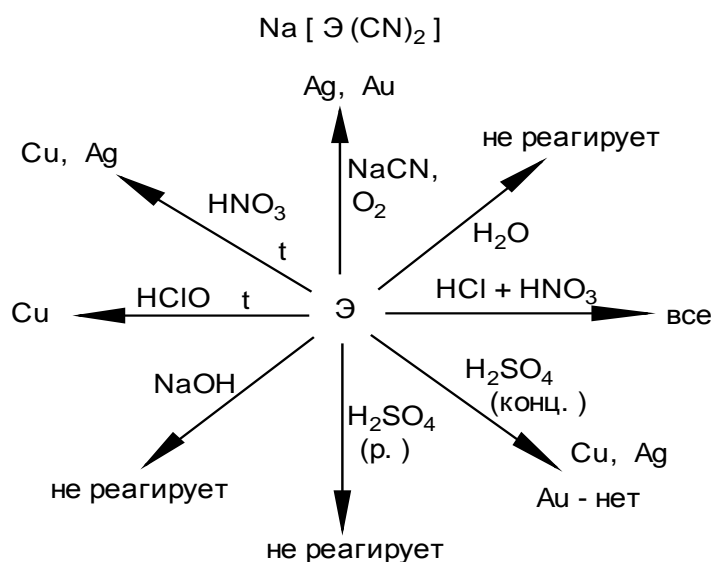
Взаимодействие металлов IIIA-группы с простыми веществами



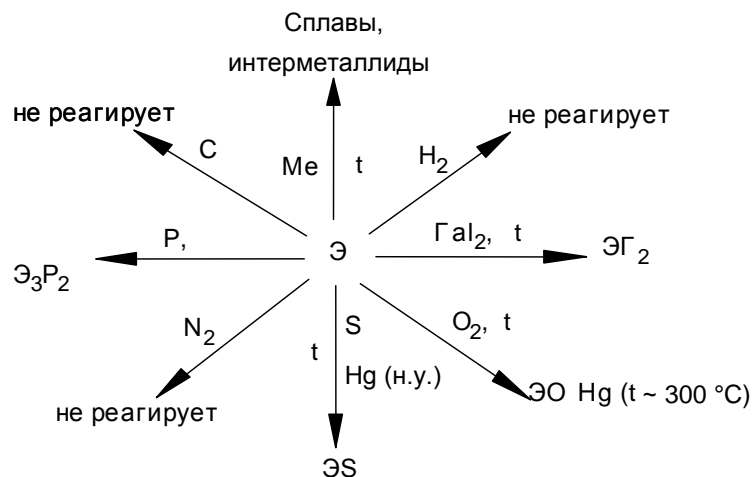
Химические свойства металлов IIIA-группы



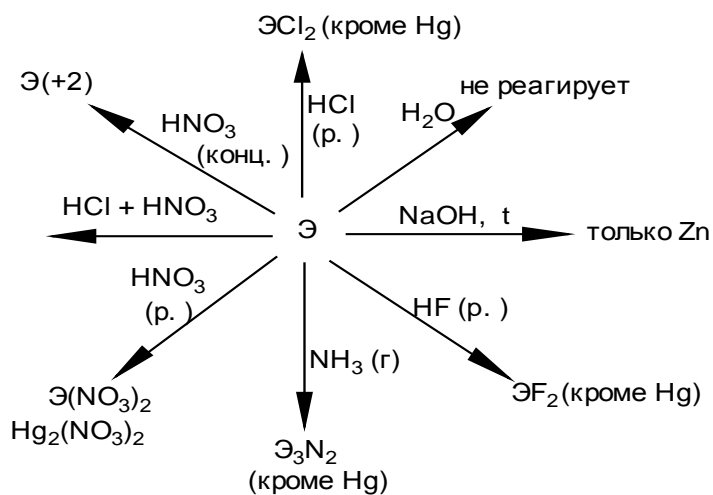
Взаимодействие металлов IV-группы с простыми веществами



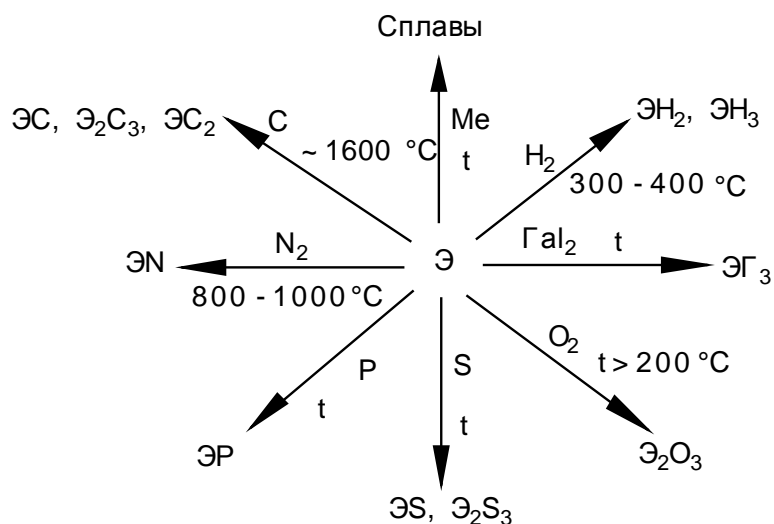
Химические свойства металлов IV-группы



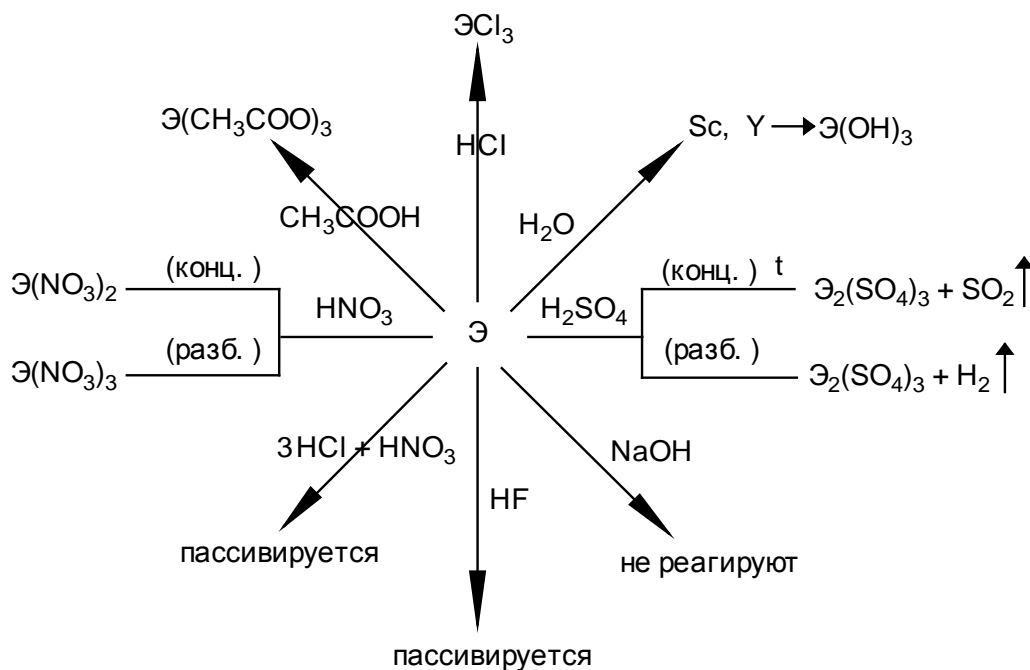
Взаимодействие металлов II-VI-группы с простыми веществами



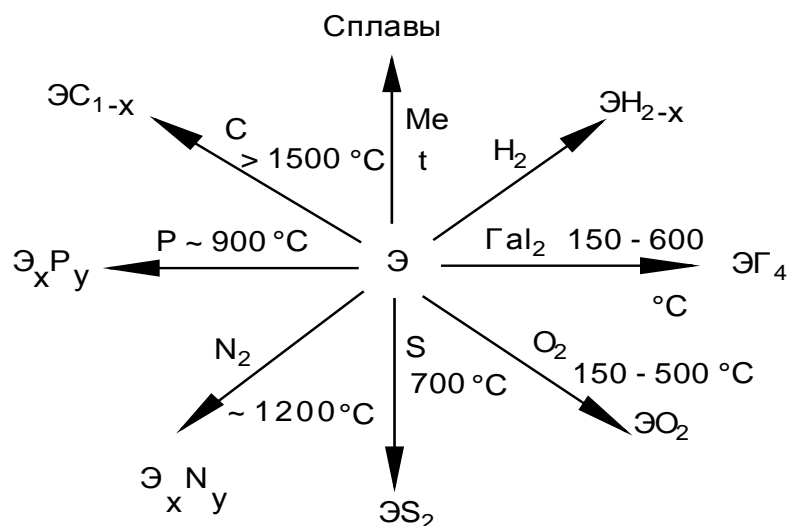
Химические свойства металлов II-VI-группы



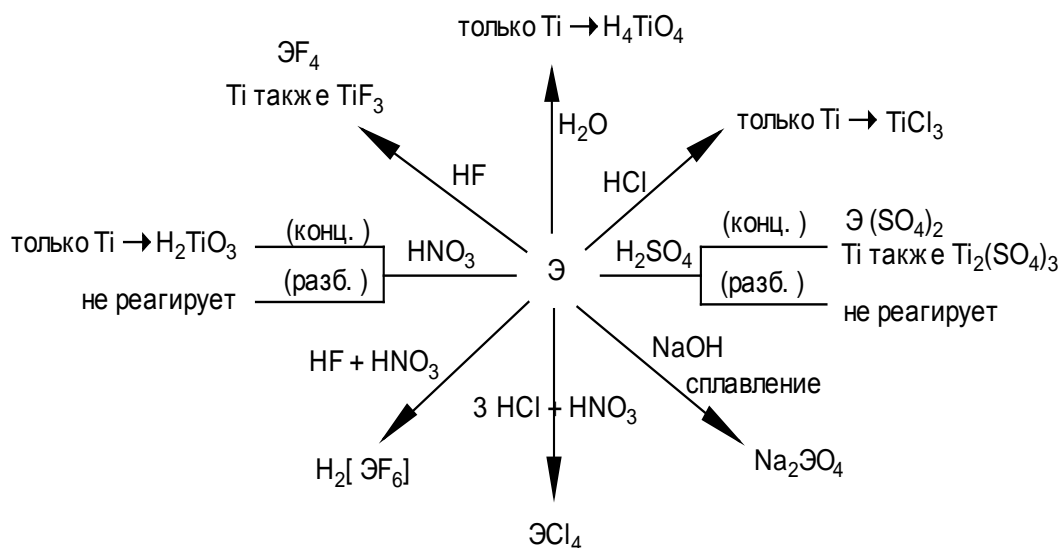
Взаимодействие металлов ШВ-группы с простыми веществами



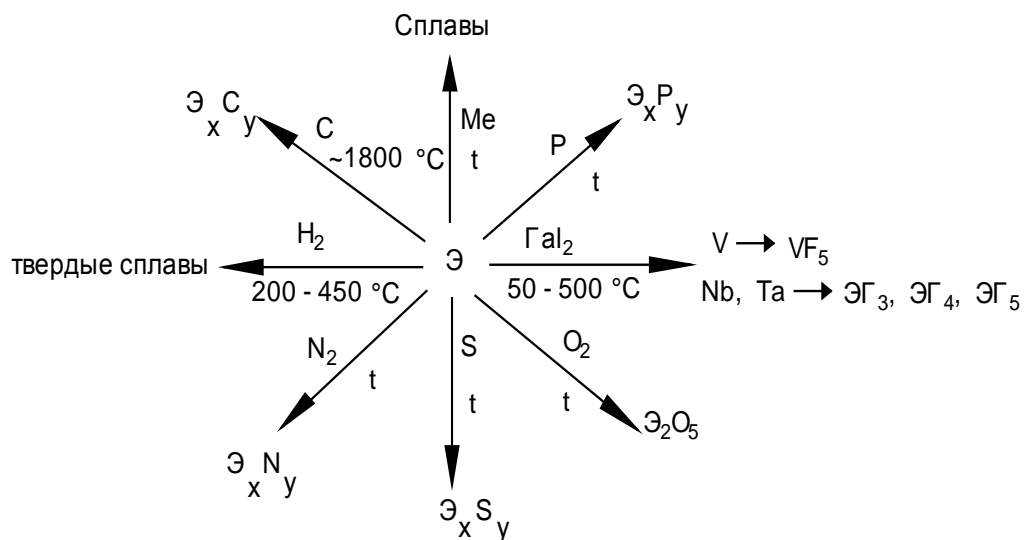
Химические свойства металлов ШВ-группы



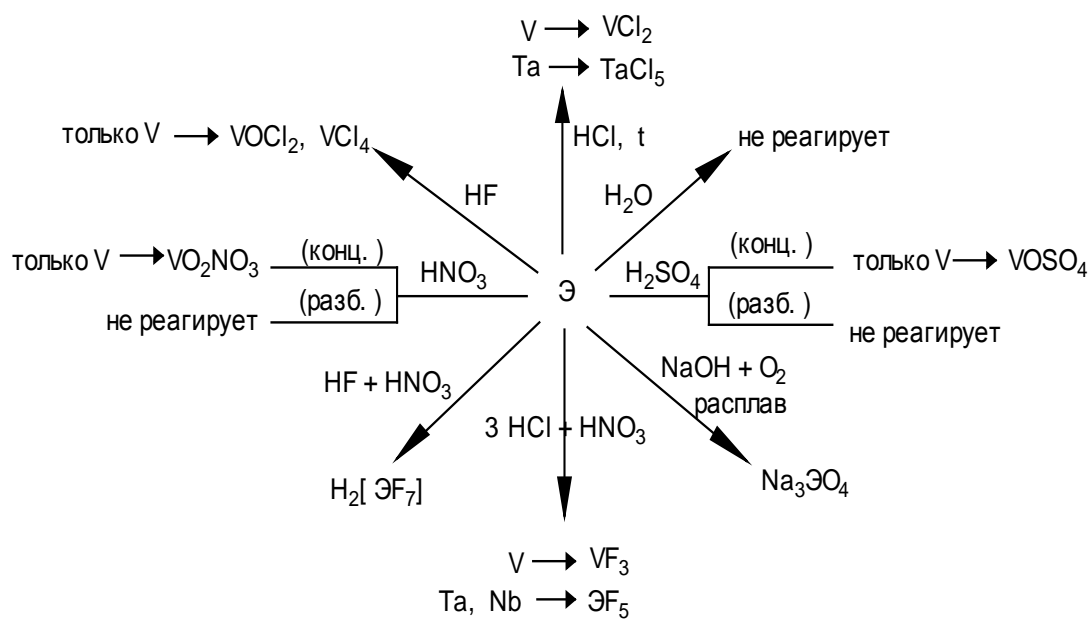
Взаимодействие металлов IVB-группы с простыми веществами



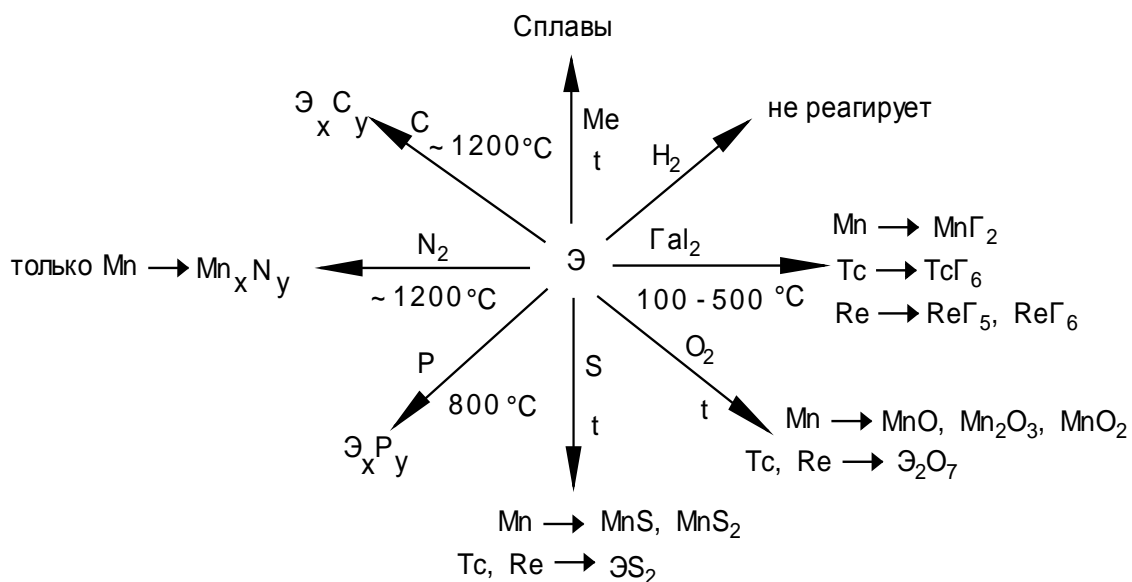
Химические свойства металлов IVB-группы



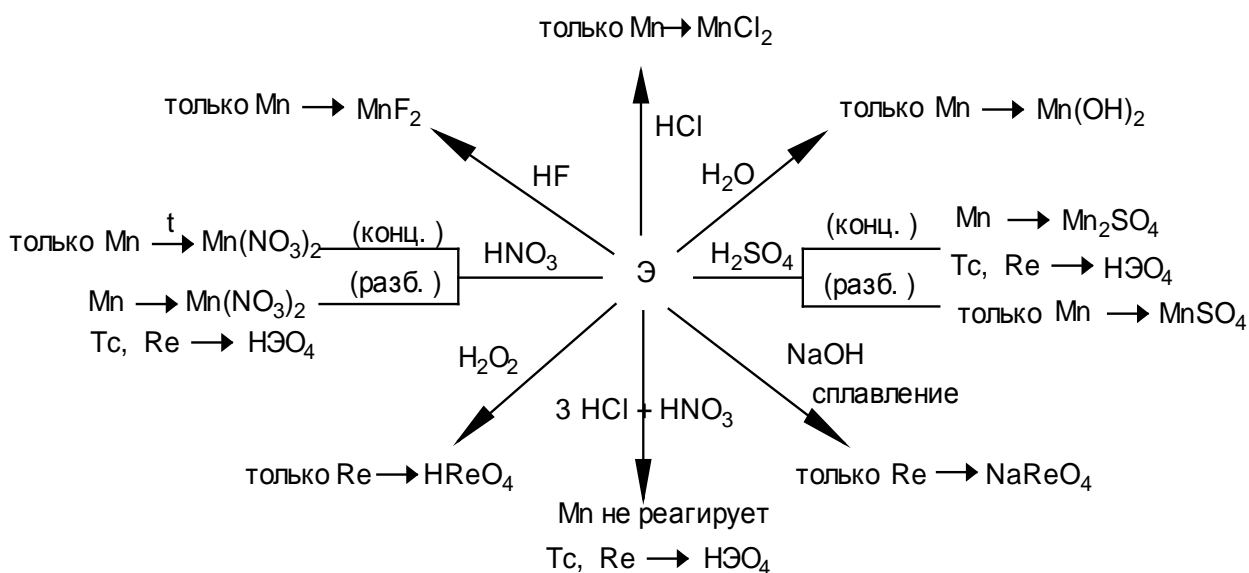
Взаимодействие металлов VB-группы с простыми веществами



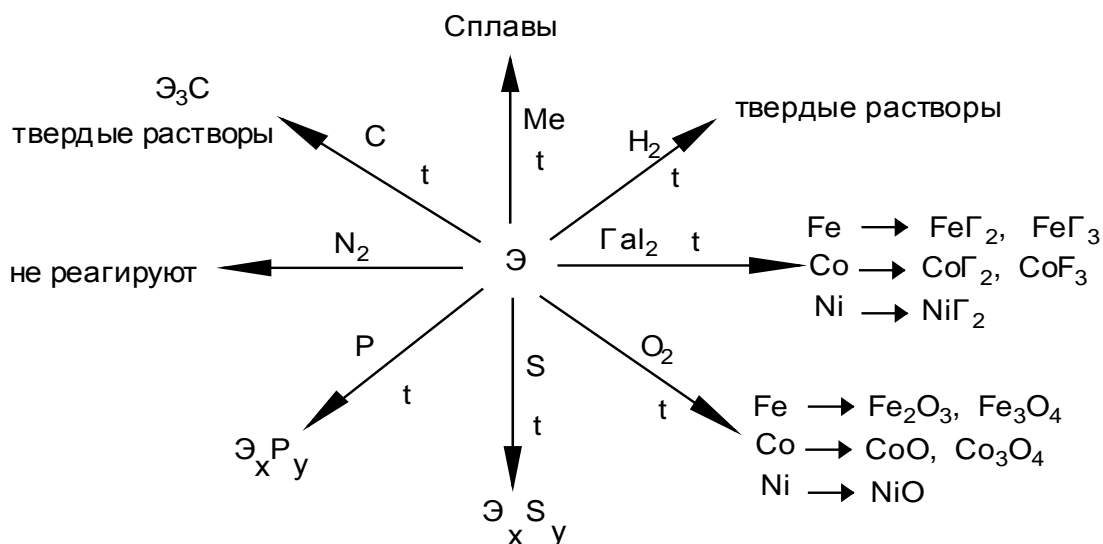
Химические свойства металлов VB-группы



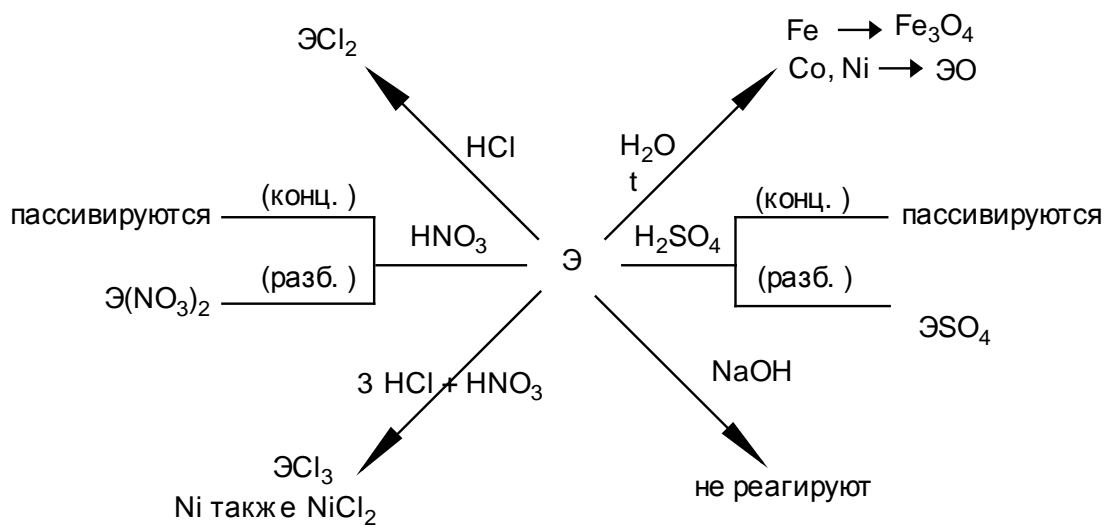
Взаимодействие металлов VIIIB-группы с простыми веществами



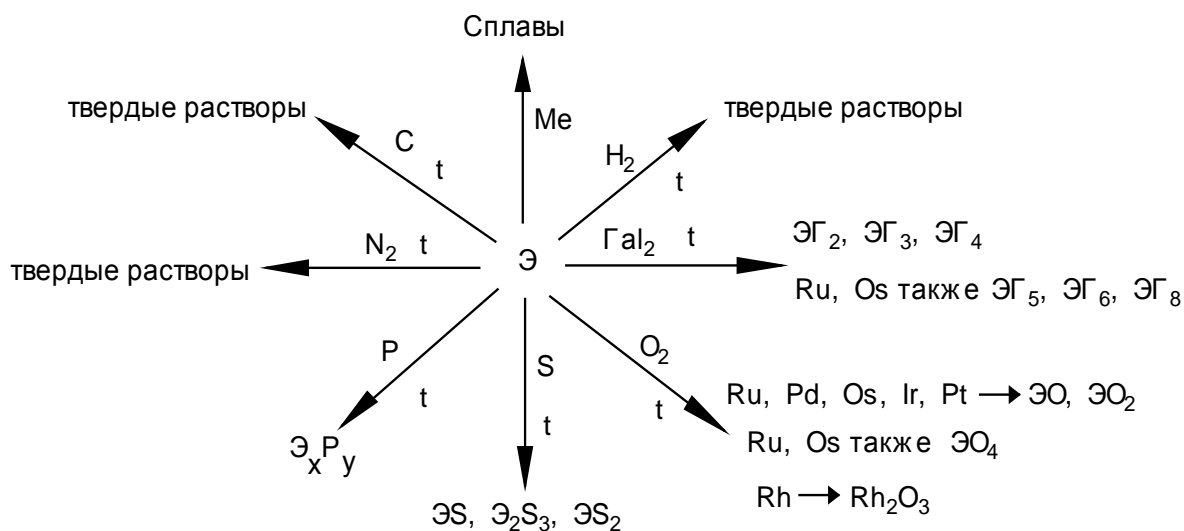
Химические свойства металлов VIIIB-группы



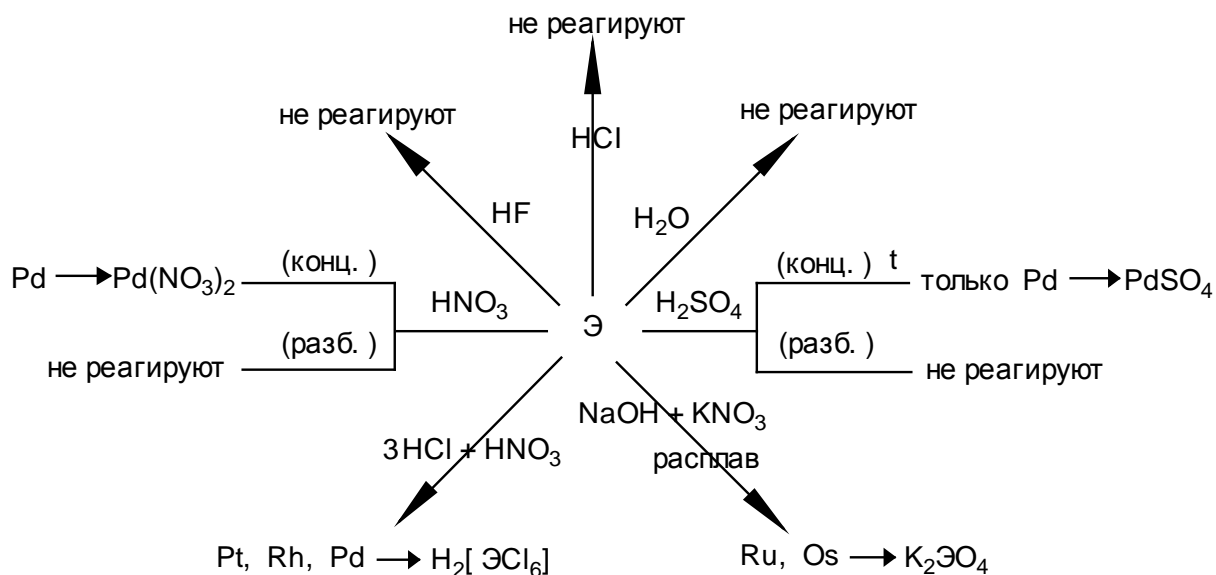
Взаимодействие металлов VIIIВ-группы с простыми веществами



Химические свойства металлов VIIIВ-группы



Взаимодействие металлов платиновой группы с простыми веществами



Химические свойства металлов платиновой группы

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основной

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия [Текст] / Н. С. Ахметов. – М. : Высш. шк., 2001. – 743 с.
2. Глинка, Н. Л. Задачи и упражнения по общей химии / Н. Л. Глинка. – М. : Интеграл-Пресс, 2005. – 240 с.
3. Глинка, Н. Л. Общая химия [Текст] / Н. Л. Глинка. – М. : Интеграл-Пресс, 2002. – 780 с.
4. Коржуков, Н. Г. Неорганическая химия [Текст] : учеб. пособие для вузов / под науч. ред. Г. М. Курдюмова ; МИСИС. – М., 2004. – 512 с.
5. Коровин, Н. В. Общая химия [Текст] / Н. В. Коровин. – М. : Высш. шк., 2002. – 558 с.
6. Неорганическая химия : курс лекций / Г. А. Королева, Н. М. Вострикова, Г. Т. Королев. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 272 с. – (Неорганическая химия : УМКД № 265-2007 / рук. творч. коллектива С. Д. Кирик).
7. Неорганическая химия : лабораторный практикум / Л. Н. Корытцева, Г. Т. Королев. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 79 с. – (Неорганическая химия : УМКД № 265-2007 / рук. творч. коллектива С. Д. Кирик).
8. Неорганическая химия : пособие по самостоятельной работе / Л. Н. Корытцева. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Неорганическая химия : УМКД № 265-2007 / рук. творч. коллектива С. Д. Кирик).
9. Основы аналитической химии : в 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа : учебник для вузов / под ред. А. Ю. Золотова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1999. – 494 с.
10. Понамарев, В. Д. Аналитическая химия : в 2 ч. Ч.1. Теоретические основы. Качественный анализ / В. Д. Понамарев. – М. : Высш. шк., 1982. – 288 с.
11. Угай, Я. О. Общая и неорганическая химия [Текст] / Я. О. Угай. – М. : Высш. шк., 2000. – 238 с.

Дополнительный

12. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии : учеб. пособие для студентов / З. Е. Гольбрайх, Е. И. Маслов. – М. : ООО Издательство «АСТ», 2004. – 383 с.
13. Лидин, Р. А. Справочник по неорганической химии / Р. А. Лидин [и др.]. М. : Химия, 1987. – 282 с.
14. Неорганическая химия : Т. 1–3 [Текст] / под ред. Ю. Д. Третьякова. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 240 с.
15. Неорганическая химия : организационно-методические указания / Г. А. Королева, Н. М. Вострикова, Г. Т. Королев. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Неорганическая химия : УМКД № 265-2007 / рук. творч. коллектива С. Д. Кирик).



16. Общая химия в формулах, определениях, схемах [Текст] : учеб. пособие / И. Е. Шиманович [и др.]. – Минск : Изд-во «Университетское», 1996. – 528 с.

17. Степин, Б. Д. Неорганическая химия [Текст] : учебник для хим. и химико-технол. спец. вузов / Б. Д. Степин, А. А. Цветков. – М. : Высш. шк., 1994. – 608 с.

18. СТО 4.2-07-2008. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / разработ. Т. В. Сильченко, Л. В. Белошапко, В. К. Младенцева, М. И. Губанова. – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – 47 с.

Учебные пособия

19. Основы курса химии : учеб. пособие / Г. А. Королева, Л. Н. Коротцева, Г. Т. Королев. – Красноярск : ГУЦМиЗ, 2005. – 32 с.

20. Теоретические основы неорганической химии : учеб. пособие / Г. Т. Королев, М. Г. Почкутова. – Красноярск : ГАЦМиЗ, 1999. – 108 с.

21. Химия металлов : учеб. пособие / Г. Т. Королев, Н. М. Вострикова. – Красноярск : ГОУ ВПО ГУЦМиЗ, 2005. – 172 с.

22. Химия : электронный учебник / Н. М. Вострикова, И. В. Дубова, М. Г. Почкутова. – Красноярск : ГОУ ВПО ГУЦМиЗ, 2005.

23. Химия металлов (s-, p-металлов) : электронный учебник / Н. М. Вострикова, О. М. Красюк. – Красноярск : ГОУ ВПО ГУЦМиЗ, 2006.