

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ ХИМИИ

# ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

**Контрольные работы  
для студентов 1-го курса заочного отделения  
фармацевтического факультета**



Минск БГМУ 2012

УДК 54 + 546(075.8)  
ББК 24 я73  
О27

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве  
контрольных работ 20.06.2012 г., протокол № 9

А в т о р ы: Е. В. Барковский; Е. Ч. Сперанская; Л. Г. Петрушенко; Т. В. Прохорова; В. В. Хрусталева

Р е ц е н з е н т ы: д-р мед. наук, проф. В. К. Кухта; канд. мед. наук, доц. О. Н. Ринейская

**Общая** и неорганическая химия : контрольные работы для студентов 1-го курса  
О27 заочного отделения фармацевтического факультета / Е. В. Барковский [и др.]. –  
Минск : БГМУ, 2012. – 76 с.

ISBN 978-985-528-665-4.

Дано содержание дисциплины «Общая и неорганическая химия», представлены контрольные  
работы для студентов-заочников по данной дисциплине.

Предназначено для студентов 1-го курса заочного отделения фармацевтического факультета.

УДК 54 + 546(075.8)  
ББК 24 я73

Учебное издание

**Барковский Евгений Викторович**  
**Сперанская Елена Чеславовна**  
**Петрушенко Людмила Григорьевна и др.**

## **ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

**Контрольные работы для студентов 1-го курса заочного отделения  
фармацевтического факультета**

Ответственный за выпуск Е. В. Барковский  
Редактор Н. В. Оношко  
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 21.06.12. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Zoom».

Печать ризографическая. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 4,42. Уч.-изд. л. 3,43. Тираж 120 экз. Заказ 655.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет».  
ЛИ № 02330/0494330 от 16.03.2009  
Ул. Ленинградская, 6, 220006, г. Минск.

ISBN 978-985-528-665-4

© Оформление. Белорусский государственный  
медицинский университет, 2012

# **СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» В СООТВЕТСТВИИ С ТИПОВОЙ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММОЙ ДЛЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 1-79 01 08 ФАРМАЦИЯ**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Предмет, задачи и методы общей и неорганической химии, ее место в системе естественных наук и фармацевтического образования, значение для развития медицины и фармации.

Основные законы, положения и понятия общей и неорганической химии для решения профессиональных задач провизора.

Номенклатура основных классов неорганических веществ.

Расчеты по химическим формулам и уравнениям.

Техника безопасности и правила работы в лабораториях химического профиля.

Обработка результатов наблюдений и измерений.

Основные способы выражения концентраций растворов.

## **ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

### **ЭНЕРГЕТИКА, НАПРАВЛЕНИЕ И ГЛУБИНА ПРОТЕКАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ. СКОРОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ**

Поглощение и выделение различных видов энергии при химических превращениях.

Внутренняя энергия ( $E$ ) и энтальпия ( $H$ ) индивидуальных веществ и многокомпонентных систем. Стандартные условия и стандартные значения  $E^0$  и  $H^0$ . Теплоты химических реакций при постоянной температуре и давлении ( $Q_p$ ) или постоянном объеме ( $Q_v$ ). Термохимические уравнения. Стандартные энтальпии образования и сгорания веществ ( $\Delta H^0_{\text{обр}}$ ,  $\Delta H^0_{\text{сгор}}$ ).

Закон Гесса. Расчеты стандартных энтальпий химических реакций и физико-химических превращений (процессов растворения веществ, диссоциации кислот и оснований) на основе закона Гесса.

Понятие об энтропии ( $S$ ) как мере неупорядоченности системы (уравнение Больцмана:  $S = k \ln W$ ).

Энергия Гиббса ( $G$ ) как критерий самопроизвольного протекания процесса и термодинамическая устойчивость химических соединений. Таблицы стандартных энергий Гиббса образования веществ ( $\Delta G^0_{\text{обр}}$ ).

Обратимые и необратимые по направлению химические реакции и состояние химического равновесия. Качественная характеристика состояния химического равновесия и его отличие от кинетически заторможенного состояния системы.

Закон действующих масс (ЗДМ) для состояния химического равновесия (закон химического равновесия). Константа химического равновесия и ее связь со стандартным изменением энергии Гиббса процесса. Определение направления протекания реакции в системе при данных условиях путем сравнения соотношения произведений концентраций в данных условиях и значения константы равновесия.

Зависимость энергии Гиббса процесса и константы равновесия от температуры.

Принцип Ле Шателье–Брауна.

Средняя и мгновенная скорости реакции. Понятие о механизме реакции. Простые и сложные реакции. Факторы, влияющие на скорость химических реакций в гомогенных и гетерогенных системах.

Зависимость скорости реакции от концентрации. Понятие о константе скорости реакции. Зависимость скорости реакции от температуры, уравнение Аррениуса.

Энергия активации реакции. Зависимость энергии активации от механизма протекания реакции.

Энергия активации каталитических реакций и сущность действия катализатора. Понятие о ферментативном катализе в биологических системах.

## УЧЕНИЕ О РАСТВОРАХ

Основные определения: раствор, растворитель, растворенное вещество. Растворимость. Растворы газообразных, жидких и твердых веществ. Вода как один из наиболее распространенных растворителей. Роль водных растворов в жизнедеятельности организмов. Неводные растворители и растворы.

Процесс растворения как физико-химическое явление (Д. И. Менделеев, Н. С. Курнаков). Термодинамика процесса растворения.

Растворы газов в жидкостях. Законы Генри, Генри–Дальтона, И. М. Сеченова.

Растворы твердых веществ в жидкостях. Понятие о коллигативных (общих) свойствах растворов. Понижение давления насыщенного пара раствора (закон Рауля), повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания (кристаллизации) растворов. Осмос и осмотическое давление, закон Вант-Гоффа. Теория электролитической диссоциации (С. Аррениус, И. А. Каблуков). Изотонический коэффициент. Гипо-, изо- и гипертонические растворы. Роль осмоса и осмотического давления в биосистемах. Плазмолиз, гемолиз, тургор.

Растворы слабых электролитов. Применение закона действия масс к ионизации слабых электролитов. Константа ионизации ( $K_a$ ). Ступенчатый характер ионизации. Закон разбавления Оствальда. Смещение равновесия в растворах слабых электролитов.

Теория растворов сильных электролитов. Ионная сила растворов, коэффициент активности и активность ионов.

Равновесие между раствором и осадком малорастворимого электролита. Константа растворимости  $K_s$  (произведение растворимости). Условия растворения и образования осадков.

Ионизация воды. Ионное произведение воды. Водородный показатель — рН; рН растворов слабых и сильных кислот и оснований.

Теории кислот и оснований (Аррениуса, Льюиса, Бренстеда и Лоури). Константы кислотности ( $K_a$ ) и основности ( $K_b$ ). Процессы ионизации, гидролиза, нейтрализации с точки зрения различных теорий кислот и оснований. рН растворов слабых кислот, оснований, гидролизующихся солей. Константа гидролиза солей. Смещение равновесия протолитических реакций.

Амфотерные электролиты (амфолиты). Растворение амфотерных гидроксидов в сильных кислотах и основаниях.

Роль ионных, в том числе кислотно-основных, взаимодействий при метаболизме лекарств, в анализе лекарственных препаратов, при приготовлении лекарственных смесей.

Химическая совместимость и несовместимость лекарственных веществ.

### **РЕАКЦИИ С ПЕРЕНОСОМ ЭЛЕКТРОНОВ — ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ**

Электронная теория окислительно-восстановительных (ОВ) реакций (Л. В. Писаржевский).

ОВ свойства элементов и их соединений в зависимости от положения элемента в ПСЭ и степени окисления элементов в соединениях.

Сопряженные пары окислитель – восстановитель. ОВ двойственность.

Стандартное изменение энергии Гиббса ОВ реакции и стандартные ОВ потенциалы полуреакций (электродные потенциалы). Определение направления протекания ОВ реакций по разности ОВ потенциалов.

Влияние среды (рН) и внешних условий на направление ОВ реакций и характер образующихся продуктов. ОВ двойственность.

Роль ОВ реакций в метаболизме. Применение в медицине и фармации.

## СТРОЕНИЕ ВЕЩЕСТВА

### ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБОЛОЧКИ АТОМОВ И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА. ПРИРОДА ХИМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И СТРОЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Основные этапы и диалектика развития представлений о существовании и строении атомов. Спектры атомов как источник информации об их строении.

Квантовый характер поглощения и излучения энергии атомами (Планк). Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Уравнение де Бройля. Волновые свойства частиц и принцип неопределенности.

Характер движения электронов в атоме. Электронное облако. Волновая функция. Квантово-механическая модель строения атомов. Электронные энергетические уровни атома. Главное квантовое число. Форма s-, p-, d-орбиталей атома. Орбитальное квантовое число. Магнитное квантовое число и пространственная ориентация p- и d-орбиталей. Спиновое квантовое число.

Принцип Паули. Принцип наименьшей энергии. Основное, возбужденное и ионизированное состояния атомов. Электронные формулы и электронно-структурные схемы атомов.

Структура ПСЭ: периоды, группы, семейства, s-, p-, d-, f-классификация химических элементов (блоки). Длиннопериодный и короткопериодный варианты ПСЭ. Периодический характер изменения свойства атомов элементов: радиус, энергия ионизации, энергия сродства к электрону, относительная электроотрицательность (ОЭО). Определяющая роль внешних электронных оболочек для химических свойств элементов. Периодический характер изменения свойств простых веществ, оксидов, гидроксидов и водородных соединений элементов.

Типы химических связей и физико-химические свойства соединений с ковалентной, ионной и металлической связями. Экспериментальные характеристики химических связей: энергия связи, длина, направленность. Экспериментальная кривая потенциальной энергии молекулы водорода (двухэлектронная химическая связь по Гейтлеру–Лондону на примере молекулы водорода).

Описание молекул методом валентных связей (МВС). Механизм образования ковалентной связи. Максимальная ковалентность элемента (насыщаемость ковалентной связи). Направленность ковалентной связи как следствие условия максимального перекрывания атомных орбиталей. Образование  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей при перекрывании s-, p-, d-орбиталей. Кратность связи в методе валентных связей. Поляризуемость и полярность ковалентной связи. Применение относительных электроотрицательностей

атомов для приближенной оценки полярности химической связи. Эффективные заряды атомов в молекулах. Полярность молекул.

Гибридизация атомных орбиталей. Устойчивость гибридизованных состояний различных атомов. Пространственное расположение атомов в молекулах. Характерные структуры трех-, четырех-, пяти-, шести- и семи-атомных молекул.

Описание молекул методом молекулярных орбиталей (ММО). Связывающие, разрыхляющие и несвязывающие молекулярные орбитали (МО), их энергия и форма. Энергетические диаграммы МО. Заполнение МО электронами в молекулах, образованных атомами и ионами элементов 1-го и 2-го периодов ПСЭ. Кратность связи в ММО.

Межмолекулярные взаимодействия и их природа. Энергия межмолекулярного взаимодействия. Ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействия. Водородная связь и ее природа. Разновидности водородной связи. Биологическая роль водородной связи. Молекулярные комплексы и их роль в метаболических процессах.

## КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Современное содержание понятия «комплексные соединения». Структура комплексных соединений: центральный атом (комплексообразователь), лиганды, комплексный ион, внутренняя и внешняя сферы, координационное число центрального атома, дентатность лигандов.

Способность атомов различных элементов к комплексообразованию. Природа химических связей в комплексном соединении. Образование и диссоциация комплексных соединений в растворах, константы образования и константы нестойкости комплексов.

Классификация и номенклатура комплексных соединений. Комплексные кислоты, основания и соли.  $\pi$ -Комплексы. Карбонилы металлов. Хелатные и макроциклические комплексные соединения.

Биологическая роль комплексных соединений. Металлоферменты, понятие о строении их активных центров. Химические основы применения комплексных соединений в фармации и медицине.

## ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТОВ

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА s-ЭЛЕМЕНТОВ. ЭЛЕМЕНТЫ IA–IIA ГРУПП

Общая характеристика. Особенности положения в ПСЭ, реакции с кислородом, галогенами, металлами, оксидами.

Вода как важнейшее соединение водорода, ее физические и химические свойства. Аквакомплексы и кристаллогидраты. Дистиллированная и апиrogenная вода, их получение и применение в фармации. Природные воды, минеральные воды.

Характеристика взаимодействия водорода с другими распространенными элементами: кислородом, азотом, углеродом, серой. Особенности поведения водорода в соединениях с сильно- и слабополярными связями. Ион водорода. Ион оксония. Ион аммония. Общая характеристика. Изменение свойств элементов ПА группы в сравнении с IA. Характеристики катионов  $M^+$  и  $M^{2+}$ . Ионы  $M^+$  и  $M^{2+}$  в водных растворах, энергия гидратации ионов.

Взаимодействие металлов с кислородом, образование оксидов, пероксидов, гиппероксидов (супероксидов, надпероксидов). Взаимодействие с водой этих соединений. Гидроксиды щелочных и щелочно-земельных металлов, амфотерность гидроксида бериллия. Гидриды щелочных и щелочно-земельных металлов и их восстановительные свойства.

Взаимодействие щелочных и щелочно-земельных металлов с водой и кислотами. Соли щелочных и щелочно-земельных металлов: сульфаты, галогениды, карбонаты, фосфаты.

Ионы щелочных и щелочно-земельных металлов как комплексообразователи. Ионофоры и их роль в мембранном переносе калия и натрия. Ионы магния и кальция как комплексообразователи. Реакция с комплексонами (на примере натрия этилендиаминтетраацетата).

Биологическая роль s-элементов — металлов — в минеральном балансе организма. Макро- и микро-s-элементы. Поступление в организм с водой; жесткость воды, единицы ее измерения, пределы, влияние на живые организмы и протекание реакций в водных растворах, методы устранения жесткости. Соединения кальция в костной ткани, сходство ионов кальция и стронция, изоморфное замещение (проблема стронция-90).

Ядовитость бериллия. Химические основы применения соединений лития, натрия, калия, магния, кальция, бария в медицине и фармации.

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА d-ЭЛЕМЕНТОВ. ЭЛЕМЕНТЫ IIIВ–VIВ ГРУПП**

Общая характеристика d-элементов (переходных элементов). Характерные особенности d-элементов: переменные степени окисления, образование комплексов, окраска соединений (причины ее возникновения). Вторичная периодичность в семействах d-элементов. Лантаноидное сжатие и сходство d-элементов V и VI периодов ПСЭ.

Элементы IIIВ группы. Общая характеристика, сходство и отличие от элементов группы IIIА; f-элементы как аналоги d-элементов IIIВ группы, сходство и отличие на примере церия, химические основы применения церия (IV) сульфатов в количественном анализе.

Элементы IVВ и VВ групп. Общая характеристика. Химические основы применения титана, ниобия и тантала в хирургии, титана диоксида и аммония метаванадата в фармации.

Общая характеристика группы.



Хром. Общая характеристика. Простое вещество и его химическая активность, способность к комплексообразованию.

Хром (II), кислотнo-основная (КО) и ОВ характеристики соединений.

Хром (III), КО и ОВ характеристики соединений, способность к комплексообразованию.

Соединение хрома (VI): оксид и хромовые кислоты, хроматы и дихроматы, КО и ОВ характеристики; окислительные свойства хроматов и дихроматов в зависимости от pH среды; окисление органических соединений (например, спиртов). Пероксосоединения хрома (VI).

Общие закономерности КО и ОВ свойств соединений d-элементов при переходе от низших степеней окисления к высшим степеням окисления на примере соединений хрома. Молибден и вольфрам, общая характеристика, способность к образованию изополи- и гетерополикислот; сравнительная ОВ характеристика соединений молибдена и вольфрама по отношению к соединениям хрома.

Биологическое значение d-элементов VI группы. Химические основы применения соединений хрома, молибдена и вольфрама в фармации (фармацевтическом анализе).

### **ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ VIII**

Общая характеристика группы.

Марганец. Общая характеристика. Химическая активность простого вещества, способность к комплексообразованию (карбонилы марганца).

Марганец (II) и марганец (III): КО и ОВ характеристики соединений, способность к комплексообразованию.

Марганец (IV) оксид, КО и ОВ свойства, влияние pH на ОВ свойства.

Соединения марганца (VI): манганаты, их образование, устойчивость, диспропорционирование в растворе и условия стабилизации.

Соединения марганца (VII): оксид, марганцовая кислота, перманганаты, КО и ОВ свойства, продукты восстановления перманганатов при различных значениях pH, окисление органических соединений, термическое разложение. Химические основы применения калия перманганата и его раствора как антисептического средства и в фармацевтическом анализе.

### **ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ VIII**

Общая характеристика группы. Деление элементов VIII группы на элементы семейства железа и платиновые металлы.

Общая характеристика элементов семейства железа.

Железо. Химическая активность простого вещества, способность к комплексообразованию.

Соединения железа (II) и железа (III): КО и ОВ характеристики, способность к комплексообразованию. Комплексные соединения железа (II)

и железа (III) с цианид- и тиоционат-ионами. Гемоглобин и железосодержащие ферменты, химическая сущность их действия.

Железо (VI). Ферраты, получение и окислительные свойства.

Химические основы применения железа и железосодержащих препаратов в медицине и фармации (в том числе фармацевтическом анализе).

Кобальт и никель. Химическая активность простых веществ в сравнении с железом. Соединения кобальта (II) и (III), никеля (II), КО и ОВ характеристики, способность к комплексообразованию (реакция Чугаева). Никель и кобальт как микроэлементы, кофермент-В12. Химические основы применения соединений кобальта и никеля в медицине и фармации.

Общая характеристика элементов семейства платины.

### **ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ IV**

Общая характеристика группы. Физические и химические свойства простых веществ.

Соединения меди (I) и (II), их КО и ОВ характеристики, способность к комплексообразованию. Комплексные соединения меди (II) с аммиаком, аминокислотами, многоатомными спиртами. Комплексный характер медьсодержащих ферментов и химизм их действия в метаболических реакциях. Природа окраски соединений меди. Химические основы применения соединений меди в медицине и фармации.

Золото. Соединения золота (I) и золота (III), их КО и ОВ характеристики, способность к комплексообразованию. Химические основы применения в медицине и фармации золота и его соединений.

### **ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ IV**

Общая характеристика группы.

Цинк. Общая характеристика, химическая активность простого вещества, КО и ОВ характеристики соединений цинка. Комплексные соединения цинка. Комплексная природа цинксодержащих ферментов и химизм их действия. Химические основы применения в медицине и фармации соединений цинка. Кадмий и его соединения в сравнении с аналогичными соединениями цинка.

Ртуть. Общая характеристика, отличительные от цинка и кадмия свойства: пониженная химическая активность простого вещества, ковалентность образуемых связей с мягкими лигандами, образование связи между атомами ртути. Окисление ртути серой и азотной кислотой. Соединения ртути (I) и ртути (II), их КО и ОВ характеристики, способность ртути (I) и ртути (II) к комплексообразованию. Химизм токсического действия соединений кадмия и ртути. Химические основы применения соединений ртути в медицине и фармации.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА p-ЭЛЕМЕНТОВ. ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ IIIA

Общая характеристика группы. Электронная дефицитность и ее влияние на свойства элементов и их соединений. Изменение устойчивости соединений со степенями окисления +1 и +3 в p-элементах IIIA группы.

Бор. Общая характеристика. Простые вещества и их химическая активность. Бориды. Соединения с водородом (бораны), особенности стереохимии и природы связи (трехцентровые связи). Гидридобораты. Галиды бора, гидролиз и комплексообразование. Борный ангидрид и борные кислоты, равновесие в водном растворе. Бораты — производные различных мономерных и полимерных борных кислот. Натрий тетраборат. Эфиры борной кислоты. Качественная реакция на бор и ее использование в фармацевтическом анализе, биологическая роль бора. Антисептические свойства борной кислоты и ее солей.

Алюминий. Общая характеристика. Простое вещество и его химическая активность. Разновидности оксида алюминия. Применение в медицине. Амфотерность гидроксида. Алюминаты. Ион алюминия как комплексообразователь. Безводные соли алюминия и кристаллогидраты. Особенности строения. Галиды. Гидрид алюминия и аланаты. Квасцы. Физико-химические основы применения соединений алюминия в медицине и фармации.

## ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ IVA

Общая характеристика группы.

Общая характеристика углерода. Аллотропические модификации углерода. Типы гибридизации атома углерода и строение углеродсодержащих молекул. Углерод как основа всех органических молекул. Физические и химические свойства простых веществ. Активированный уголь как адсорбент.

Углерод с отрицательными степенями окисления. Карбиды активных металлов и получение из них углеводородов.

Углерод (II). Оксид углерода (II), его КО и ОВ характеристики, свойства как лиганда, химические основы его токсичности. Цианистоводородная кислота, простые и комплексные цианиды. Химические основы токсичности цианидов.

Соединения углерода (IV). Оксид углерода (IV), стереохимия и природа связи, равновесие в водном растворе. Угольная кислота, карбонаты и водородкарбонаты (гидрокарбонаты), гидролиз и термическое разложение.

Соединения углерода с галогенами и серой. Хлорид углерода (IV) (четыреххлористый углерод), оксодихлорид углерода (IV) (фосген), фреоны, сероуглерод, тиокарбонаты. Цианаты и тиоцианаты. Физические и химические свойства, применение.

Биологическая роль углерода. Химические основы использования неорганических соединений углерода в медицине и фармации.

Кремний. Общая характеристика. Основное отличие от углерода: отсутствие  $\pi$ -связи в соединениях. Силициды. Соединения с водородом (силаны), окисление и гидролиз. Тетрафторид и тетрахлорид кремния, гидролиз. Гексафторосиликаты. Кислородные соединения кремния. Оксид кремния (IV). Силикагель. Кремневая кислота. Силикаты. Растворимость и гидролиз. Природные силикаты и алюмосиликаты, цеолиты. Кремнийорганические соединения. Силиконы и силоксаны. Использование в медицине соединений кремния.

Элементы подгруппы германия. Общая характеристика. Устойчивость водородных соединений. Соединения с галогенами типа  $\text{ЭГ}_2$  и  $\text{ЭГ}_4$ , поведение в водных растворах. Оловохлористоводородная кислота. Оксиды. Оксид свинца (IV) как сильный окислитель. Амфотерность гидроксидов. Растворимые и нерастворимые соли олова и свинца. ОВ реакции в растворах. Химизм токсического действия соединений свинца. Применение в медицине свинецсодержащих препаратов (ацетат свинца (II), оксид свинца (II)). Химические основы использования соединений олова и свинца в анализе фармпрепаратов.

## ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ VA

Общая характеристика группы. Азот, фосфор, мышьяк в организме, их биологическая роль.

Азот. Общая характеристика. Многообразие соединений с различными степенями окисления азота. Причина малой химической активности диазота. Молекула диазота как лиганд.

Соединения азота с отрицательными степенями окисления. Нитриды (ковалентные и ионные). Аммиак, КО и ОВ характеристики, реакции замещения. Амиды. Аммиакаты. Свойства аминокислот как производных аммиака. Ион аммония и его соли, кислотные свойства, термическое разложение. Гидразин и гидроксилламин, КО и ОВ характеристики. Азотистоводородная кислота и азиды.

Соединения азота с положительными степенями окисления. Оксиды. Стереохимия и природа связей. Способы получения. КО и ОВ свойства. Азотистая кислота и нитриты. КО и ОВ свойства. Азотная кислота и нитраты. КО и ОВ характеристики. «Царская водка».

Фосфор. Общая характеристика. Аллотропические модификации фосфора, их химическая активность.

Фосфиды. Фосфин. Сравнение с соответствующими соединениями азота.

Соединения фосфора с положительными степенями окисления. Галлиды, их гидролиз. Оксиды: стереохимия и природа связи, взаимодей-

ствие с водой и спиртами. Фосфорноватистая (гипофосфористая) и фосфористая кислоты, строение молекул, КО и ОВ свойства. Ортофосфорная и дифосфорная (пирофосфорная) кислоты. Изополи- и гетерополифосфорные кислоты. Метафосфорные кислоты, сравнение с азотной кислотой. Производные фосфорной кислоты в живых организмах.

Элементы подгруппы мышьяка. Общая характеристика. Водородные соединения мышьяка, сурьмы, висмута в сравнении с аммиаком и фосфином. Определение мышьяка по методу Марша.

Соединения мышьяка, сурьмы и висмута с положительными степенями окисления. Сульфиды, тиосоли. Галиды и изменение их свойств в группе (азот–висмут). Оксиды и гидроксиды Э(III) и Э(V), их КО и ОВ характеристики. Арсениты и арсенаты, их КО и ОВ свойства. Соли катионов сурьмы (III) и висмута (III), их ОВ свойства и гидролиз. Сурьмяная кислота и ее соли. Висмутаты. Неустойчивость соединений висмута (V).

Понятие о химических основах применения в медицине и фармации аммиака, оксида азота (I) (закуси азота), нитрита и нитрата натрия, оксидов и солей мышьяка, сурьмы и висмута. Химические основы использования соединений р-элементов V группы в фармацевтическом анализе.

## ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ VIA

Общая характеристика группы.

Кислород. Общая характеристика. Роль кислорода как одного из наиболее распространенных элементов и составной части большинства неорганических соединений. Особенности электронной структуры молекулы дикислорода. Химическая активность дикислорода. Молекула  $O_2$  в качестве лиганда в оксигемоглобине. Трикислород (озон), стереохимия и природа связей. Химическая активность в сравнении с дикислородом. Реакция с растворами иодидов. Классификация кислородных соединений и их общие свойства (в том числе бинарные соединения: надпероксиды, пероксиды, оксиды, озониды).

Водород пероксид ( $H_2O_2$ ), его КО и ОВ характеристики, применение в медицине. Соединения кислорода с фтором. Биологическая роль кислорода. Химические основы применения дикислорода и озона, а также соединений кислорода в медицине и фармации.

Сера. Общая характеристика. Способность к образованию гомоцепей.

Соединения серы с отрицательными степенями окисления. Сульфид водорода (сероводород), КО и ОВ свойства. Сульфиды металлов и неметаллов, их растворимость в воде и гидролиз. Полисульфиды, КО и ОВ характеристики, устойчивость.

Соединения серы (IV): оксид, хлорид, оксодихлорид (хлористый тионил), сернистая кислота, сульфиты и водородсульфиты (гидросульфиты). Их КО и ОВ свойства. Восстановление сульфитов до дитионистой кисло-

ты и дитионитов. Взаимодействие сульфитов с серой с образованием тиосульфатов. Свойства тиосульфатов: реакции с кислотами, окислителями (в том числе с диодом), катионами-комплексообразователями. Политионаты, особенности их строения и свойства.

Соединения серы (VI): оксид, гексафторид, диоксодихлорид (сульфурилхлорид), серная кислота и сульфаты, КО и ОВ свойства. Олеум. Дисерная (пироксерная) кислота. Пероксомоно- и пероксодисерная кислоты и их соли. Окислительные свойства пероксосульфатов.

Биологическая роль серы (сульфгидрильные группы и дисульфидные мостики в белках). Химические основы применения серы и ее соединений в медицине, фармации, фармацевтическом анализе.

Селен и теллур. Общая характеристика. КО и ОВ свойства водородных соединений и их солей. Оксиды и кислоты, их КО и ОВ свойства (в сравнении с подобными соединениями серы). Биологическая роль селена.

### ЭЛЕМЕНТЫ ГРУПП VIIA–VIIIA

Общая характеристика группы. Особые свойства фтора как наиболее электроотрицательного элемента. Простые вещества, их химическая активность.

Соединения галогенов с водородом. Растворимость в воде, КО и ОВ свойства. Ионные и ковалентные галиды, их отношение к действию воды, окислителей и восстановителей. Способность фторид-иона замещать кислород (например, в соединениях кремния). Галогенид-ионы как лиганды в комплексных соединениях.

Галогены с положительными степенями окисления. Соединения с кислородом и друг с другом. Взаимодействие галогенов с водой и водными растворами щелочей. Кислородные кислоты хлора и их соли, стереохимия и природа связей. Устойчивость в свободном состоянии и в растворах, изменение кислотных и ОВ свойств в зависимости от степени окисления галогена. Хлорная известь. Хлораты, броматы, иодаты и их свойства. Биологическая роль соединений фтора, хлора, брома и иода.

Понятие о химизме бактерицидного действия хлора и иода. Применение в медицине, санитарии и фармации хлорной извести, хлорной воды, препаратов активного хлора, иода, а также соляной кислоты, фторидов, хлоридов, бромидов и иодидов.

Общая характеристика р-элементов группы VIII. Физические и химические свойства инертных (благородных) газов. Соединения инертных газов. Применение инертных газов в медицине.

Учение В. И. Вернадского о биосфере и биогеохимии. Понятие о биогенных элементах. Макро- и микроэлементы окружающей среды и в организме человека. Человек и биосфера. Связь эндемических заболева-

ний с особенностями биогеохимических провинций. Технический прогресс и экология. Вопросы охраны окружающей среды.

## **ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ ПО «ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»**

Химия является общеобразовательной наукой, знание которой необходимо для успешного изучения многих специальных дисциплин, в том числе дисциплин медико-теоретического профиля. Несомненна первостепенная роль химии в развитии науки о лекарствах — фармации. Поэтому студенты фармацевтического факультета должны прочно усвоить основные теории и законы химии. На 1-м курсе заочного отделения фармацевтического факультета БГМУ химическое образование начинается с курса общей и неорганической химии. В программе курса сохранена последовательность изложения материала: от элементов химической термодинамики и кинетики, теории растворов, общетеоретических вопросов строения вещества, химической связи и электрохимических процессов к химии элементов. В результате изучения курса общей и неорганической химии студенты должны получить современное научное представление о механизме превращения химических соединений, осознать значение химии в фармакологии и медицине.

### **РАБОТА С КНИГОЙ**

Основной вид учебных занятий студентов-заочников — самостоятельная работа над учебным материалом по курсу. Подготовка к экзамену по общей и неорганической химии складывается из следующих элементов: изучение материала по учебникам и учебным пособиям; выполнение контрольных заданий; выполнение лабораторного практикума; посещение лекций. Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При этом необходимо вникать в сущность того или иного вопроса, а не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Такой подход способствует более глубокому и прочному усвоению материала. Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач, которые могут быть взяты из учебников и задачников (см. литературу). Решение задач — один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

В процессе изучения курса общей и неорганической химии студент должен выполнить две контрольные работы. К выполнению контрольной работы следует приступать только тогда, когда будет изучена определенная часть курса и тщательно разобраны решения примеров, приведенных перед задачами к соответствующим темам либо в самом контрольном задании, либо в рекомендуемой литературе. Выполняемые задания должны быть коротко, но четко обоснованы, за исключением тех случаев, когда по самому существу вопроса такая мотивировка не требуется, например, когда нужно составить электронную формулу, написать уравнение реакции и т. п. При решении задач нужно приводить весь ход решения и математические преобразования. Каждая контрольная работа должна быть аккуратно оформлена; для замечаний рецензента надо оставлять достаточно широкие поля; писать четко и ясно; номера и условия задач переписывать в том порядке, в каком они указаны в задании. Образец оформления титульного листа контрольной работы приведен в прил. 1. Работы должны быть датированы, подписаны студентом и представлены на рецензирование. На контрольные работы преподаватель дает краткую рецензию с указанием недочетов и обнаруженных ошибок, если они имеются. В случае неудовлетворительной оценки контрольная работа возвращается студенту для доработки, после чего повторно должна быть представлена на проверку. Студенты, не выполнившие контрольную работу или получившие за нее неудовлетворительную оценку, не допускаются к экзамену. Контрольная работа, выполненная не по своему варианту, преподавателем не рецензируется и не может быть зачтена. При возникновении вопросов по выполнению контрольных работ студенты могут обращаться за консультацией на кафедру общей химии.

Каждый студент выполняет вариант контрольной работы, обозначенный последней цифрой номера зачетной книжки. Например, номер зачетной книжки 15070922, последняя цифра «2», ей соответствует вариант контрольной работы 2. Последней цифре номера зачетной книжки «0» соответствует вариант контрольной работы 10. Номера задач для каждого варианта представлены в прил. 2.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

### ЭЛЕМЕНТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКИ (ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ)

**Закон Гесса.** В 1840 г. Г. И. Гесс опытным путем установил один из основных законов термохимии: *изохорный и изобарный тепловой эффект реакции не зависит от пути протекания реакции, т. е. от числа проме-*



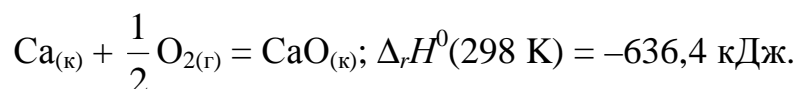
жуточных стадий, через которые происходит превращение исходных веществ в продукты реакции, а зависит от состояния исходных веществ и продуктов реакции.

**Стандартная энтальпия образования** вещества ( $\Delta_f H^0(298 \text{ K})$ ) — тепловой эффект реакции образования 1 моль сложного вещества из простых веществ при стандартных условиях ( $T = 298 \text{ K}$ ,  $P = 101,3 \text{ кПа}$ ). Стандартная энтальпия образования простых веществ равна нулю.

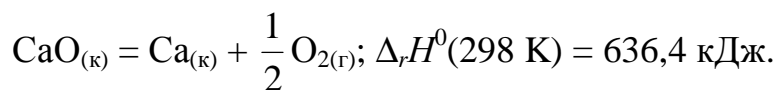
**Стандартная энтальпия сгорания** вещества ( $\Delta_{\text{сгор}} H^0$ ) — тепловой эффект реакции сгорания 1 моль сложного вещества с образованием высших оксидов. Стандартная энтальпия сгорания высших оксидов и кислорода равна нулю.

*Следствия из закона Гесса:*

1. Энтальпия образования вещества равна энтальпии разложения вещества, но противоположна по знаку (закон Лавуазье–Лапласа):  $\Delta H^0_{\text{обр}} = -\Delta H^0_{\text{разл}}$ . Например, энтальпия образования оксида кальция из металлического кальция и газообразного кислорода равна:



Для разложения 1 моль оксида кальция на кальций и кислород необходимо затратить 636,4 кДж:



2. Тепловой эффект реакции равен сумме стандартных энтальпий образования продуктов реакции минус сумма стандартных энтальпий образования исходных веществ с учетом стехиометрических коэффициентов уравнения реакции:

$$\Delta_r H^0(298 \text{ K}) = \sum \Delta_f H^0(298 \text{ K})_{\text{прод. р-и}} - \sum \Delta_f H^0(298 \text{ K})_{\text{исх. в-в}}$$

Данное уравнение дает возможность рассчитать тепловой эффект любой реакции, когда известны стандартные теплоты образования продуктов реакции и исходных веществ.

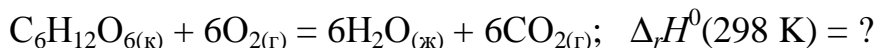
3. Тепловой эффект реакции равен сумме стандартных энтальпий сгорания исходных веществ минус сумма стандартных энтальпий сгорания продуктов реакции с учетом стехиометрических коэффициентов уравнения реакции:

$$\Delta_r H^0(298 \text{ K}) = \sum \Delta_{\text{сгор}} H^0(298 \text{ K})_{\text{исх. в-в}} - \sum \Delta_{\text{сгор}} H^0(298 \text{ K})_{\text{прод. р-и}}$$

Значения стандартных энтальпий образования и сгорания различных веществ приведены в справочниках (прил. 3). Эти значения используются

для расчета тепловых эффектов различных процессов, в том числе и биохимических реакций.

**Пример.** Расчет теплового эффекта реакции окисления глюкозы:



$$\Delta_f H^0(298 \text{ К}, \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{к})}) = -1260 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta_f H^0(298 \text{ К}, \text{CO}_{2(\text{г})}) = -393,5 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta_f H^0(298 \text{ К}, \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) = -285,8 \text{ кДж/моль}.$$

**Решение:**

$$\begin{aligned} \Delta_r H^0(298 \text{ К}) &= (6\Delta_f H^0(298 \text{ К}, \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) + 6\Delta_f H^0(298 \text{ К}, \text{CO}_{2(\text{г})}) - \\ &- \Delta_f H^0(298 \text{ К}, \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(\text{к})}) - 6\Delta_f H^0(298 \text{ К}, \text{O}_{2(\text{г})}) = 6(-285,8) + 6(-393,5) - \\ &- (-1260) - 6 \cdot 0 = -2815,8 \text{ (кДж)}. \end{aligned}$$

При окислении 1 моль глюкозы в живых организмах выделяется такое же количество энергии.

**Расчет изменения энтропии в химических реакциях.** *Абсолютной энтропией* называют величину, численно равную изменению энтропии при равновесном переходе 1 моль кристаллического вещества от абсолютного нуля до данной температуры.

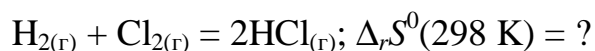
Вычисление абсолютной энтропии возможно лишь в том случае, если известна зависимость теплоемкости данного вещества от температуры.

Абсолютную энтропию тела в стандартном состоянии называют *стандартной энтропией* и обозначают  $S^0(298 \text{ К})$ .

Изменение энтропии химического процесса рассчитывается по второму следствию из закона Гесса:

$$\Delta_r S^0(298 \text{ К}) = \sum S^0(298 \text{ К})_{\text{прод. р-и}} - \sum S^0(298 \text{ К})_{\text{исх. в-в}}.$$

**Пример.** Расчет изменения энтропии реакции образования хлороводорода:



$$S^0(298 \text{ К}, \text{H}_{2(\text{г})}) = 130,6 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \text{К}^{-1};$$

$$S^0(298 \text{ К}, \text{Cl}_{2(\text{г})}) = 223 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \text{К}^{-1};$$

$$S^0(298 \text{ К}, \text{HCl}_{(\text{г})}) = 186,7 \text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \text{К}^{-1}.$$

**Решение:**

$$\Delta_r S^0(298 \text{ К}) = 2 \cdot 186,7 - 130,6 - 223 = 19,8 \text{ (Дж} \cdot \text{К}^{-1}\text{)}.$$

**Расчет изменения свободной энергии Гиббса в химических реакциях.** Стандартная свободная энергия образования вещества  $\Delta_f G^0(298 \text{ К})$  — изменение свободной энергии реакции образования 1 моль этого соединения из простых веществ при стандартных условиях.

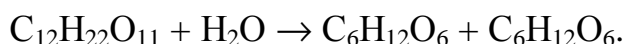
$$\Delta_r G^0(298 \text{ K}) = \sum \Delta_f G^0(298 \text{ K})_{\text{прод. р-и}} - \sum \Delta_f G^0(298 \text{ K})_{\text{исх. в-в}},$$

где  $\Delta_f G^0(298 \text{ K})_{\text{прод. р-и}}$  — стандартная свободная энергия образования продуктов реакции;  $\Delta_f G^0(298 \text{ K})_{\text{исх. в-в}}$  — стандартная свободная энергия образования исходных веществ.

Свободная энергия образования любого простого вещества в стандартном состоянии принимается за нуль.

По изменению свободной энергии можно сделать вывод о том, будет ли протекать данная реакция самопроизвольно в определенных условиях. Реакция протекает самопроизвольно только в том случае, если происходит уменьшение энергии Гиббса системы. Такие реакции называют *экзергоническими*. Если же энергия Гиббса системы возрастает, то для осуществления реакции необходимо затратить энергию. Такие реакции называют *эндергоническими*.

**Пример.** Расчет изменения свободной энергии реакции гидролиза сахарозы при стандартных условиях.



$$\Delta_f G^0(298 \text{ K}, \text{ глюкоза}) = -916,34 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta_f G^0(298 \text{ K}, \text{ фруктоза}) = -914,5 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta_f G^0(298 \text{ K}, \text{ H}_2\text{O}_{(\text{ж})}) = -237,3 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta_f G^0(298 \text{ K}, \text{ сахароза}) = -1550,36 \text{ кДж/моль};$$

**Решение:**

$$\Delta_r G^0(298 \text{ K}) = [-916,34 + (-914,50)] - [-1550,36 + (-237,3)] = -43,18 \text{ (кДж)}.$$

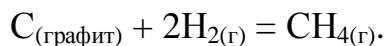
Реакция гидролиза сахарозы при стандартных условиях будет протекать самопроизвольно, так как  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  меньше нуля.

Если известны значения  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  и  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$ , можно рассчитать  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  реакции с помощью объединенного уравнения первого и второго начал термодинамики для обратимых процессов:

$$\Delta_r G^0(298 \text{ K}) = \Delta_r H^0(298 \text{ K}) - T\Delta_r S^0(298 \text{ K}).$$

**Пример.** Рассчитать изменение свободной энергии реакции образования метана из простых веществ при 298 К.

**Решение:**



Данные справочной литературы для  $\Delta_f H^0(298 \text{ K})$  и  $S^0(298 \text{ K})$ :

$$\Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{ C}_{(\text{графит})}) = 0 \text{ кДж/моль}, S^0(298 \text{ K}, \text{ C}_{(\text{графит})}) = 5,74 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K};$$

$$\Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{ H}_{2(\text{г})}) = 0 \text{ кДж/моль}, S^0(298 \text{ K}, \text{ H}_{2(\text{г})}) = 130,7 \text{ Дж/моль} \cdot \text{K};$$

$\Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{CH}_{4(\text{г})}) = -74,81 \text{ кДж/моль}$ ,  $S^0(298 \text{ K}, \text{CH}_{4(\text{г})}) = 186,3 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ .

Рассчитываем  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  и  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$  для приведенной реакции:

$$\Delta_r H^0(298 \text{ K}) = \Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{CH}_{4(\text{г})}) - \Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{C}_{(\text{графит})}) - 2 \cdot \Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{H}_{2(\text{г})}) = -74,81 - (0 + 0) = -74,81 \text{ (кДж)}.$$

$$\Delta_r S^0(298 \text{ K}) = S^0(298 \text{ K}, \text{CH}_{4(\text{г})}) - [S^0(298 \text{ K}, \text{C}_{(\text{графит})}) + 2S^0(298 \text{ K}, \text{H}_{2(\text{г})})] = 186,3 - 5,74 - 2 \cdot 130,7 = -80,84 \text{ (Дж/К)}.$$

Значения  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  и  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$  подставляем в формулу:

$$\Delta_r G^0(298 \text{ K}) = \Delta_r H^0(298 \text{ K}) - T\Delta_r S^0(298 \text{ K}).$$

$$\Delta_r G^0(298 \text{ K}) = -74,81 \cdot 1000 - 298 \cdot (-80,84) = -50720 \text{ (Дж)} = -50,72 \text{ (кДж)}.$$

### ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И РАВНОВЕСИЕ

Скорость химической реакции выражается изменением концентрации данного реагирующего вещества в единицу времени. Концентрацию в химической кинетике обычно выражают числом моль в  $1 \text{ дм}^3$ . Количественную зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ устанавливает основной закон химической кинетики — **закон действия масс**. Для гомогенной реакции типа  $mA + nB \rightarrow C$  он выражается соотношением:

$$v = k[A]^m[B]^n,$$

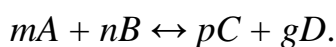
где  $k$  — константа скорости реакции;  $[A]$  и  $[B]$  — концентрации веществ  $A$  и  $B$  в реакционной смеси;  $m$  и  $n$  — стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции (обычно малые числа, очень редко — больше 3).

Зависимость скорости химической реакции от температуры определяется эмпирическим **правилом Вант-Гоффа** по формуле:

$$v_{t_2} = v_{t_1} \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}},$$

где  $v_{t_2}$  — скорость реакции при температуре  $t_2$ ;  $v_{t_1}$  — скорость реакции при температуре  $t_1$ ;  $\gamma$  — температурный коэффициент скорости химической реакции, который показывает, во сколько раз изменяется скорость реакции при изменении температуры реакционной среды на  $10^\circ$  (коэффициент Вант-Гоффа, равный 2–4).

Каждая равновесная химическая система характеризуется своей константой, не зависящей от концентрации реагирующих веществ, но зависящей от температуры. Для обратимой гомогенной реакции



Константе равновесия  $K_p$  отвечает соотношение:

$$K_p = \frac{[C]^p[D]^g}{[A]^m[B]^n},$$

где  $[A]$ ,  $[B]$ ,  $[C]$ ,  $[D]$  — равновесные концентрации соответствующих веществ (моль/дм<sup>3</sup>);  $m$ ,  $n$ ,  $p$  и  $g$  — стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции.

**Принцип Ле Шателье:** если изменить хотя бы одно из условий, определяющих состояние химического равновесия в данной системе, то в последней усиливается та из двух взаимно противоположных реакций, которая противодействует вносимому изменению. При этом равновесие смещается в сторону, определяемую усилившейся реакцией. В результате устанавливается новое равновесие, отвечающее новым условиям существования подвижной химической системы.

**Пример.** Во сколько раз изменится скорость прямой и обратной реакции в системе  $2\text{SO}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \rightleftharpoons 2\text{SO}_{3(\text{г})}$ , если объем газовой смеси уменьшить в 3 раза? В какую сторону сместится равновесие системы?

**Решение.** Обозначим концентрации реагирующих веществ:

$$[\text{SO}_2] = a, [\text{O}_2] = b, [\text{SO}_3] = c.$$

Согласно закону действия масс, скорости ( $v$ ) прямой и обратной реакций до изменения объема равны:

$$v_{\text{пр}} = ka^2b; \quad v_{\text{обр}} = kc^2.$$

После уменьшения объема гомогенной системы в 3 раза концентрация каждого из реагирующих веществ увеличится в 3 раза:

$$[\text{SO}_2] = 3a, [\text{O}_2] = 3b, [\text{SO}_3] = 3c.$$

При новых концентрациях скорости ( $v'$ ) прямой и обратной реакций будут равны:

$$v'_{\text{пр}} = k(3a)^2(3b) = 27ka^2b;$$
$$v'_{\text{обр}} = k(3c)^2 = 9kc^2.$$

Отсюда

$$\frac{v'_{\text{пр}}}{v_{\text{пр}}} = \frac{27ka^2b}{ka^2b} = 27;$$

$$\frac{v'_{\text{обр}}}{v_{\text{обр}}} = \frac{9kc^2}{kc^2} = 9.$$

Следовательно, скорость прямой реакции увеличилась в 27 раз, а обратной — только в 9 раз. Равновесие системы сместилось в сторону образования  $\text{SO}_3$ .

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

**Решение.** Согласно эмпирическому правилу Вант-Гоффа

$$v_{t_2} = v_{t_1} \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}} = v_{t_1} \cdot 2^{\frac{70 - 30}{10}} = v_{t_1} \cdot 2^4 = 16v_{t_1}.$$

Следовательно, скорость реакции  $v_{t_2}$ , протекающей при температуре 70 °С, увеличилась по сравнению со скоростью реакции  $v_{t_1}$ , протекающей при температуре 30 °С, в 16 раз.

**Пример.** Константа равновесия гомогенной системы  $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} \leftrightarrow \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_2_{(г)}$  при 850 °С равна 1.

Вычислите концентрации всех веществ при равновесии, если исходные концентрации:  $[\text{CO}]_{\text{исх}} = 3$  моль/дм<sup>3</sup>,  $[\text{H}_2\text{O}]_{\text{исх}} = 2$  моль/дм<sup>3</sup>.

**Решение.** Константа равновесия данной системы равна:

$$K_p = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}.$$

В условии задачи даны исходные концентрации, тогда как в выражение  $K_p$  входят только равновесные концентрации всех веществ системы. Предположим, что равновесная концентрация  $[\text{CO}_2] = x$  моль/дм<sup>3</sup>. Согласно уравнению системы число моль образовавшегося водорода при этом будет также  $x$  моль/дм<sup>3</sup>. По столько же моль ( $x$  моль/дм<sup>3</sup>)  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  расходуется для образования по  $x$  моль  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ . Следовательно, равновесные концентрации всех четырех веществ будут:

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = x \text{ моль/дм}^3;$$

$$[\text{CO}] = (3 - x) \text{ моль/дм}^3;$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = (2 - x) \text{ моль/дм}^3.$$

Зная константу равновесия, находим значение  $x$ , а затем и равновесные концентрации всех веществ:

$$1 = \frac{x^2}{(3 - x)(2 - x)},$$

$$x^2 = 6 - 2x - 3x + x^2; 5x = 6, x = 1,2 \text{ моль/дм}^3.$$

Таким образом, искомые равновесные концентрации:

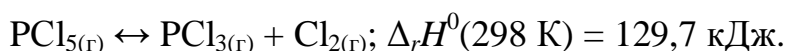
$$[\text{CO}_2] = 1,2 \text{ моль/дм}^3;$$

$$[\text{H}_2] = 1,2 \text{ моль/дм}^3;$$

$$[\text{CO}] = 3 - 1,2 = 1,8 \text{ моль/дм}^3;$$

$$[\text{H}_2\text{O}] = 2 - 1,2 = 0,8 \text{ моль/дм}^3.$$

**Пример.** Эндотермическая реакция разложения пентахлорида фосфора протекает по уравнению



Как надо изменить: а) температуру; б) давление; в) концентрацию, — чтобы сместить равновесие в сторону прямой реакции — разложения  $\text{PCl}_5$ ?

**Решение.** Направление, в котором смещается равновесие, определяется по принципу Ле Шателье:

а) так как реакция разложения  $\text{PCl}_5$  эндотермическая ( $\Delta H > 0$ ), то для смещения равновесия в сторону прямой реакции нужно повысить температуру;

б) так как в данной системе разложение  $\text{PCl}_5$  ведет к увеличению объема (из одного моль газа образуются два моль газообразных веществ), то для смещения равновесия в сторону прямой реакции надо уменьшить давление;

в) смещения равновесия в указанном направлении можно достигнуть как увеличением концентрации  $\text{PCl}_5$ , так и уменьшением концентрации  $\text{PCl}_3$  или  $\text{Cl}_2$ .

### СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ СОСТАВА РАСТВОРОВ

Для решения задач необходимо знать следующие понятия и величины:

**Моль** — химическое количество вещества, содержащее столько реальных или условных частиц, сколько атомов содержится в 0,012 кг углерода — 12. При использовании моль как единицы количества вещества следует указывать, какие именно (реальные или условные) частицы имеются в виду. Обозначают химическое количество вещества  $n(X)$ , например,  $n(\text{NaOH}) = 3$  моль;  $n(\text{Ba}^{2+}) = 2$  моль.

**Молярная масса** —  $M(X)$  — масса 1 моль вещества. Например: молярная масса серной кислоты  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$  г/моль; молярная масса иона алюминия  $M(\text{Al}^{3+}) = 27$  г/моль.

$$\text{Количество вещества: } n(X) = \frac{m(X)}{M(X)}.$$

**Число Авогадро:** 1 моль любого вещества содержит одинаковое число частиц (реальных или условных) —  $N_a = 6,02 \cdot 10^{23}$  моль<sup>-1</sup>.

**Эквивалент** — это реальная или условная частица вещества  $X$ , которая в КО реакции эквивалентна 1 иону водорода или в ОВ реакции эквивалентна 1 электрону.

**Фактор эквивалентности** — это число, обозначающее, какая доля реальной частицы вещества  $X$  эквивалентна 1 иону водорода в данной КО реакции или 1 электрону в данной ОВ реакции. Число, стоящее в знаменателе дроби — число эквивалентности ( $z$ ).

$$f_{\text{экв}}(X) = \frac{1}{z}.$$

Величина  $z$  — всегда целое положительное число (1, 2, 3 и т. д.).

Фактор эквивалентности зависит:

- 1) от природы веществ;
- 2) стехиометрии реакций, в которых они участвуют.

Значение фактора эквивалентности может изменяться.

**Определение фактора эквивалентности для различных классов соединений в обменных реакциях:**

1. Для кислоты:

$$f_{\text{экв}}(\text{кислоты}) = \frac{1}{\text{основность}}.$$

Для HCl:  $z = 1$ , фактор эквивалентности — 1.

Для H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в реакции H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2NaOH = Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O в молекуле серной кислоты замещаются 2 атома водорода, следовательно,  $z = 2$ ,  $f_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2}$ ; в реакции H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + NaOH = NaHSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O в молекуле серной кислоты замещается 1 атом водорода,  $z = 1$ ,  $f_{\text{экв}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$ .

Для H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> в зависимости от реакции фактор эквивалентности может принимать значения: 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ .

2. Для основания:

$$f_{\text{экв}}(\text{основания}) = \frac{1}{\text{кислотность}}.$$

Для KOH:  $z = 1$ , фактор эквивалентности — 1.

Для Ca(OH)<sub>2</sub>:  $z = 2$ , фактор эквивалентности —  $\frac{1}{2}$ .

Фактор эквивалентности многокислотных оснований может изменяться в зависимости от количества замещенных гидроксогрупп. Например, для гидроксида кальция возможны значения фактора эквивалентности 1,  $\frac{1}{2}$ ; для гидроксида алюминия — 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$ .

3. Для соли:

$$f_{\text{экв}}(\text{соли}) = \frac{1}{\text{заряд катиона} \cdot \text{число атомов катионов}}.$$

Для KCl: фактор эквивалентности — 1.

Для Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>: фактор эквивалентности —  $\frac{1}{3}$ .



Для  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ : фактор эквивалентности —  $\frac{1}{6}$ .

Значения факторов эквивалентности для солей также зависят от продуктов реакции.

**Определение фактора эквивалентности веществ в ОВ реакциях:**

$$f_{\text{ЭКВ}}(\text{окислителя}) = \frac{1}{\text{число принятых электронов}};$$

$$f_{\text{ЭКВ}}(\text{восстановителя}) = \frac{1}{\text{число отданных электронов}}.$$

Например: а)  $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e} = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ ;  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{KMnO}_4) = \frac{1}{5}$ ;

б)  $\text{H}_2\text{S} - 2\text{e} = \text{S}^0 + 2\text{H}^+$ ;  $f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{S}) = \frac{1}{2}$ .

**Молярная масса эквивалента вещества X** — масса 1 моль эквивалента этого вещества, равная произведению фактора эквивалентности на молярную массу вещества X:

$$M\left(\frac{1}{z} X\right) = \frac{1}{z} M(X); M(f_{\text{ЭКВ}}(X)X) = f_{\text{ЭКВ}}(X) \cdot M(X) = \frac{1}{z} M(X) \text{ или}$$

$$M(f_{\text{ЭКВ}}(X)X) = M\left(\frac{1}{z} X\right).$$

Например: а)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ .

$f_{\text{ЭКВ}}(\text{NaOH}) = 1$ ;  $M(\text{NaOH}) = 40$  г/моль;  $M(1 \text{ NaOH}) = 40$  г/моль;

$f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{1}{2}$ ;  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$  г/моль;  $M\left(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4\right) = 49$  г/моль.

б)  $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NaOH} = \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

$f_{\text{ЭКВ}}(\text{NaOH}) = 1$ ;  $M(\text{NaOH}) = 40$  г/моль;  $M(1 \text{ NaOH}) = 40$  г/моль;

$f_{\text{ЭКВ}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1$ ;  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98$  г/моль;  $M(1 \text{ H}_2\text{SO}_4) = 98$  г/моль.

**Количество вещества эквивалента:**

$$n\left(\frac{1}{z} X\right) = \frac{m(X)}{M\left(\frac{1}{z} X\right)}.$$

**Закон эквивалентов.** Вещества реагируют пропорционально их эквивалентам:

$$C\left(\frac{1}{z} X\right) \cdot V(X) = C\left(\frac{1}{z} Y\right) \cdot V(Y).$$

**Массовая доля**  $\omega$  показывает отношение массы растворенного вещества  $m(X)$  к массе раствора  $m_{\text{р-ра}}$ :

$$\omega = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ра}}}; \quad \omega (\%) = \frac{m(X)}{m_{\text{р-ра}}} 100 \%$$

Массовую долю можно выражать в долях единицы или в процентах. Например,  $\omega(X) = 0,1$  или  $\omega(X) = 10 \%$ .

$$m_{\text{р-ра}} = m(X) + m_{\text{р-ля}};$$

$$m_{\text{р-ра}} = V \cdot \rho,$$

где  $V$  — объем раствора,  $\text{см}^3$ ;  $\rho$  — плотность раствора,  $\text{г/см}^3$ .

**Молярная концентрация**  $C(X)$  — отношение количества вещества  $n(X)$ , содержащегося в растворе, к объему раствора:

$$C(X) = \frac{n(X)}{V}.$$

Единица измерения — моль/ $\text{дм}^3$ .

Например:  $C(\text{KCl}) = 2,5 \cdot 10^{-3}$  моль/ $\text{дм}^3$ .

**Молярная концентрация эквивалента (нормальность)**  $C(\frac{1}{z}X)$  —

отношение количества вещества эквивалента  $n(\frac{1}{z}X)$ , содержащегося в растворе к объему раствора. Единица измерения — моль/ $\text{дм}^3$ .

$$C(\frac{1}{z}X) = \frac{n(\frac{1}{z}X)}{V}; \quad C(\frac{1}{z}X) = z \cdot C(X).$$

Например,  $C(\text{NaCl}) = 2 \cdot 10^{-2}$  моль/ $\text{дм}^3$ .

**Моляльность**  $C_m(X)$  — отношение количества вещества  $n(X)$ , содержащегося в растворе, к массе растворителя —  $m_{\text{р-ля}}$ . Единица измерения — моль/ $\text{кг}$ .

$$C_m(X) = \frac{n(X)}{m_{\text{р-ля}}}.$$

**Титр раствора**  $T(X)$  — масса вещества  $m(X)$ , содержащегося в  $1 \text{ см}^3$  (мл) раствора. Единица измерения —  $\text{г/см}^3$ .

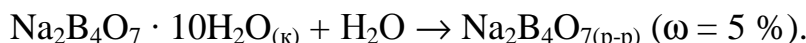
$$T(X) = \frac{m(X)}{V}.$$

**Молярная доля компонента  $\chi_i$**  — отношение количества вещества данного компонента  $n_i$  к суммарному количеству вещества всех компонентов раствора:

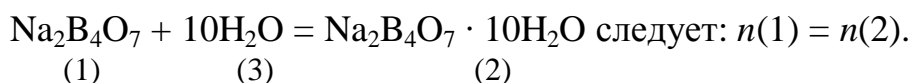
$$\chi_i = \frac{n_i}{n_{(\text{смеси})}}$$

**Задача.** Какую массу  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и воды надо взять для приготовления 2 кг раствора с массовой долей, равной 5 % в расчете на безводную соль?

**Решение:**



Из реакции образования кристаллогидрата



Так как  $n = \frac{m}{M}$ ; то  $\frac{m(1)}{M(1)} = \frac{m(2)}{M(2)}$ ,

откуда  $m(2) = \frac{m(1) \cdot M(2)}{M(1)}$ .

Из  $\omega = \frac{m_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ра}}}$  находим  $m(1) = m_{\text{р-ра}} \cdot \omega$ .

Следовательно:  $m(2) = \frac{m_{\text{в-ва}} \cdot \omega \cdot M(2)}{M(1)} = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 382}{202} = 0,189 \text{ (кг)}$ .

$$m(3) = 2 - 0,189 = 1,811 \text{ (кг)}.$$

**Ответ:** для приготовления 2 кг 5 % раствора  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  следует взять 189 г  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  и 1811 г  $\text{H}_2\text{O}$ .

**Задача.** Какой объем раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с  $\omega = 30 \%$  ( $\rho = 1,25 \text{ г/см}^3$ ) требуется для приготовления 2 дм<sup>3</sup> 0,2 моль/дм<sup>3</sup> раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ?

**Решение:**

1. Определяем объем исходного раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$  по формуле:

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho}$$

Плотность раствора известна, а  $m_{\text{р-ра}}$  следует рассчитать.

2. Определяем массу исходного раствора:

$$\omega \% = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot 100 \%}{m_{\text{р-ра}}}, \text{ следовательно, } m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot 100 \%}{\omega},$$

$\omega \%$  известна, а  $m(\text{H}_3\text{PO}_4)$  следует рассчитать.

3. Определяем  $m(\text{H}_3\text{PO}_4)$  в приготовленном (и исходном) растворе:

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = M(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot n(\text{H}_3\text{PO}_4).$$

$M(\text{H}_3\text{PO}_4)$  известна,  $n(\text{H}_3\text{PO}_4)$  следует рассчитать.

4. Определяем  $n(\text{H}_3\text{PO}_4)$  в приготовленном (и исходном) растворе:

$$C(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)}{V}; n(\text{H}_3\text{PO}_4) = CV.$$

$C$  и  $V$  известны из условия задачи.

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = CV = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 2 \text{ л} = 0,4 \text{ моль}.$$

$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = Mn = 98 \text{ г/моль} \cdot 0,4 \text{ моль} = 39,2 \text{ г}.$$

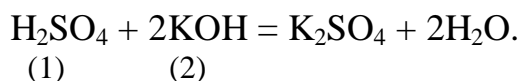
$$m_{\text{р-ра}} = \frac{m(\text{H}_3\text{PO}_4) \cdot 100 \%}{\omega \%} = \frac{39,2 \text{ г} \cdot 100 \%}{30 \%} = 130,72 \text{ г}.$$

$$V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho} = \frac{130,72 \text{ г}}{1,25 \text{ г/см}^3} = 104,6 \text{ см}^3.$$

**Ответ:** для приготовления раствора заданной концентрации следует взять  $104,6 \text{ см}^3$  раствора  $\text{H}_3\text{PO}_4$  с  $\omega = 30 \%$ .

**Задача.** На титрование  $15 \text{ см}^3$  раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с молярной концентрацией эквивалента  $C(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4) = 0,8 \text{ моль/дм}^3$  пошло  $12 \text{ см}^3$  раствора  $\text{KOH}$ . Определить молярную концентрацию эквивалента раствора щелочи.

**Решение:**



Согласно закону эквивалентов:

$$n\left(\frac{1}{z} X_1\right) = n\left(\frac{1}{z} X_2\right) \text{ или}$$

$$C\left(\frac{1}{z} X_1\right) \cdot V_1 = C\left(\frac{1}{z} X_2\right) \cdot V_2$$

$$C\left(\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4\right) \cdot V(\text{H}_2\text{SO}_4) = C(\text{KOH}) \cdot V(\text{KOH})$$

$$C(\text{KOH}) = \frac{15 \cdot 0,8}{12} = 1 \text{ (моль/дм}^3\text{)}.$$

**Ответ:** молярная концентрация эквивалента раствора щелочи равна  $1 \text{ моль/дм}^3$ .

## ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ

Количественно процесс электролитической диссоциации оценивается 2 величинами: степенью диссоциации  $\alpha$  и константой диссоциации (ионизации)  $K_d$  ( $K_i$ ).

**Степень диссоциации** — отношение числа молекул электролита, распавшихся в данном растворе на ионы ( $N_d$ ), к общему числу растворенных молекул:

$$\alpha = \frac{N_d}{N_{\text{общ}}}, \text{ в процентах } \alpha = \frac{N_d}{N_{\text{общ}}} 100 \%$$

В растворах слабых электролитов между непродиссоциировавшими молекулами и ионами устанавливается равновесие:  $[KA] \rightleftharpoons [K^+] + [A^-]$ .

Константа этого равновесия называется **константой диссоциации** ( $K_d$ ):

$$K_d = \frac{[K^+][A^-]}{[KA]},$$

где  $[K^+]$  и  $[A^-]$  — концентрации катионов и анионов;  $[KA]$  — концентрация непродиссоциировавших молекул.

**Пример.** Константа диссоциации уксусной кислоты равна  $1,8 \cdot 10^{-5}$ . Чему равна концентрация ионов водорода в 0,1 М растворе  $CH_3COOH$ ?

**Решение.** Уравнение диссоциации:  $CH_3COOH \leftrightarrow CH_3COO^- + H^+$ .

$$\text{Константа диссоциации: } K_d = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]} = 1,8 \cdot 10^{-5}.$$

Пусть  $[H^+] = x$ , тогда и  $[CH_3COO^-] = x$ , а концентрация непродиссоциировавших молекул  $[CH_3COOH] = 0,1 - x$ ;  $\frac{x \cdot x}{0,1 - x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$ .

Величиной  $x$  в знаменателе можно пренебречь, так как  $x \ll 1$ , тогда

$$x^2 = 1,8 \cdot 10^{-6}; x = \sqrt{1,8 \cdot 10^{-6}}; x = 1,34 \cdot 10^{-3}.$$

Итак, в данном растворе концентрация  $[H^+] = 1,34 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup>.

**Пример.** Чему равен pH 0,01 М раствора HCl, в котором степень диссоциации хлороводорода равна 100 %?

**Решение.** Так как  $\alpha = 100 \%$ , то  $[H^+] = [HCl] = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup> =  $10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>,  $pH = -\lg [H^+] = -\lg 10^{-2} = 2$ .

**Пример.** Для муравьиной кислоты  $K_d = 1,8 \cdot 10^{-4}$ . Какое значение имеет степень диссоциации и концентрация ионов водорода в растворе кислоты при молярной концентрации  $C = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>?

**Решение.**



Согласно закону разбавления Оствальда,  $K_d = C\alpha^2$ .

$$\text{Отсюда } \alpha = \sqrt{\frac{K_d}{C}}.$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1,8 \cdot 10^{-4}}{10^{-1}}} = 4,2 \cdot 10^{-2} = 4,2 (\%).$$

$$[\text{H}^+] = [\text{НСОО}^-] = C \cdot \alpha = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 10^{-2} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/дм}^3\text{)}.$$

### КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

**I закон Рауля:** *Понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором равно давлению насыщенного пара над чистым растворителем, умноженному на молярную долю растворенного вещества.*

$$\Delta P = P_0 \cdot \chi_{\text{в}} \text{ или } P_0 - P = P_0 \frac{n_{\text{в}}}{n_{\text{в}} + n_{\text{р-ля}}},$$

где  $P_0$  — давление насыщенного пара над чистым растворителем;  $P$  — давление насыщенного пара растворителя над раствором;  $\chi_{\text{в}}$  — молярная доля растворенного вещества;  $n_{\text{в}}$  — количество растворенного вещества;  $n_{\text{р-ля}}$  — количество растворителя.

По **II закону Рауля** понижение температуры замерзания и повышение температуры кипения раствора ( $\Delta T$ ) по сравнению с температурами замерзания и кипения растворителя выражается уравнениями:

$$\Delta T_{\text{зам}} = K C_m = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{M \cdot m_1},$$

$$\Delta T_{\text{кип}} = E C_m = \frac{E \cdot m \cdot 1000}{M \cdot m_1},$$

где  $K$  — криоскопическая, а  $E$  — эбулиоскопическая константы,  $C_m$  — моляльность раствора;  $m$  и  $M$  — соответственно масса растворенного вещества и его молярная масса;  $m_1$  — масса растворителя.

По понижению температуры замерзания или повышению температуры кипения растворов известной концентрации можно определить молярную массу растворенного вещества:

$$M = \frac{K \cdot m \cdot 1000}{\Delta T_{\text{зам}} \cdot m_1},$$

$$M = \frac{E \cdot m \cdot 1000}{\Delta T_{\text{кип}} \cdot m_1}$$

Осмотическое давление в растворе неэлектролита рассчитывается по формуле Вант-Гоффа:

$$P = CRT,$$

где  $C$  — молярная концентрация раствора, моль/дм<sup>3</sup>,  $T$  — абсолютная температура ( $T = 273 + t$  °С),  $R$  — универсальная газовая постоянная.

Величина универсальной газовой постоянной  $R = 8,31$  Дж/моль · град или  $0,082$  дм<sup>3</sup> · атм./моль · град, или  $62,36$  дм<sup>3</sup> · (мм рт. ст.)/моль · град в зависимости от того, в каких единицах (Па, атм. или мм рт. ст.) выражается осмотическое давление.

Чтобы использовать полученные закономерности для количественного описания коллигативных свойств разбавленных растворов электролитов, Вант-Гофф ввел в соответствующие уравнения поправочный коэффициент  $i$ , называемый *изотоническим коэффициентом Вант-Гоффа*.

$$i = \frac{\text{число ионов} + \text{число непродиссоциировавших} \times \text{малекул электролита}}{\text{общее число растворенных молекул}}$$

Формулы для расчета коллигативных свойств разбавленных растворов электролитов принимают следующий вид:

$$P_{\text{осм}}(\text{э}) = iCRT \quad (i \cdot C \text{ — осмолярность});$$

$$\Delta P(\text{э}) = iP_o \chi_{\text{в}};$$

$$\Delta T_{\text{зам}}(\text{э}) = iKC_m \quad (i \cdot C_m \text{ — осмоляльность});$$

$$\Delta T_{\text{кип}}(\text{э}) = iEC_m.$$

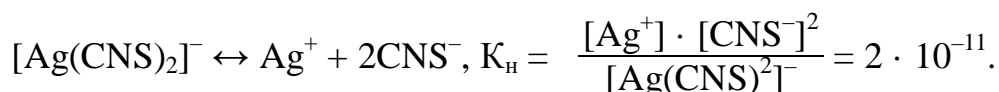
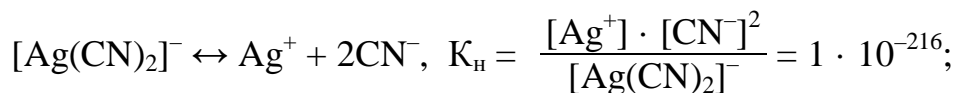
Между  $\alpha$  (степенью диссоциации) и  $i$  существует зависимость:

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1}; \quad i = \alpha(n-1) + 1.$$

## КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**Комплексными соединениями** называются соединения, в узлах кристаллической решетки которых находятся сложные частицы, построенные за счет координации одним атомом (ионом) электронейтральных молекул или противоположно заряженных ионов и способные к самостоятельному существованию при переходе вещества в расплавленное или растворенное состояние. В комплексном соединении различают внутреннюю и внешнюю сферы. Внутренняя сфера включает центральный атом — *комплексобразователь* — и координирующиеся вокруг него ионы и молекулы, называемые *лигандами*. Внутреннюю сферу комплекса при написании формулы заключают в квадратные скобки. Как правило, комплексобразователями являются катионы металлов, особенно переходных. Из неметал-

лов центральным атомом служат чаще всего В, Р, Si, As. Лиганды представляют собой анионы или молекулы неорганической или органической природы. Комплексообразователь — обычно акцептор, а лиганды — доноры электронных пар, при образовании комплекса между ними возникает связь по донорно-акцепторному механизму. Число лигандов, координированных центральным атомом, — *координационное число* (к. ч.) — обычно превышает его степень окисления в 2 раза. Наиболее часто встречаются комплексы с к. ч. = 6, 4 или 2. Число координационных мест, которые занимает лиганд во внутренней сфере, называется *емкостью лиганда* (или *дентатностью*). Например, в комплексном ионе  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]^+$  координационное число равно 6, емкость лиганда  $\text{NH}_3$  равна 1, а  $\text{CO}_3^{2-}$  — 2. Заряд комплексного иона равен алгебраической сумме зарядов его составляющих частей: комплексообразователя и лигандов. Если суммарный заряд комплексообразователя и лигандов равен нулю, то это говорит о том, что в данном случае имеется комплексный неэлектролит. Мерой устойчивости комплексной частицы служит ее константа диссоциации, называемая *константой нестойкости комплекса* и обозначаемая через  $K_n$ :



В выражении для констант нестойкости квадратные скобки обозначают концентрации в моль/дм<sup>3</sup>.

Названия комплексных соединений строятся следующим образом:

1. В первую очередь называют анион, затем — катион.
2. В комплексной частице сначала перечисляют лиганды. Первыми называют отрицательные, затем нейтральные, в последнюю очередь — положительные лиганды. Внутри каждой из этих групп лиганды перечисляют в порядке усложнения ( $\text{H}^+$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ); если они по сложности одинаковые, то их называют в алфавитном порядке. Если одинаковых лигандов во внутренней сфере комплекса больше одного, то их количество отмечают при помощи греческих числительных (2 — ди, 3 — три, 4 — тетра, 5 — пента, 6 — гекса, 7 — гепта и 8 — окта).

3. Если комплексная частица — анион, то после перечисления лигандов называют корень латинского названия центрального атома с окончанием -ат, после чего указывают степень его окисления. Например:  $\text{K}[\text{Co}^{3+}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$  — тетранитродиаамминкобальтат (III) калия.

4. Если комплексная частица — катион, то после перечисления лигандов дают русское название центрального атома в родительном падеже с указанием степени окисления. Например:  $[\text{Co}^{3+}(\text{NH}_3)_4\text{CO}_3]\text{Cl}$  — хлорид карбонатотетраамминкобальта (III).



5. Наименование нейтральных комплексов (комплексных неэлектролитов) составляют из названий лигандов и русского названия центрального атома в именительном падеже. При этом степень окисления комплексообразователя в названии не указывают. Например,  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$  — тетрахлородиаммин платина.

Степень окисления комплексообразователя рассчитывают исходя из того, что алгебраическая сумма зарядов всех составляющих комплексного соединения должна быть равна нулю.

Например, для  $\text{K}_2[\text{Pt}(\text{NO}_2)_2\text{Cl}_2]$ :  $+2 + x - 2 - 2 = 0$ ,  $x = +2$ .

Ниже перечислены наиболее часто встречающиеся лиганды:

$\text{F}^-$ — фторо-;	$\text{NO}_3^-$ — нитрато-;
$\text{Cl}^-$ — хлоро-;	$\text{CO}_3^{2-}$ — карбонато-;
$\text{Br}^-$ — бромо-;	$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ — оксалато-;
$\text{I}^-$ — йодо-;	$\text{CN}^-$ — циано-;
$\text{S}^{2-}$ — тио-;	$\text{CNS}^-$ — родано-;
$\text{O}_2^{2-}$ — пероксо-;	$\text{PO}_4^{3-}$ — фосфато-;
$\text{H}^-$ — гидридо-;	$\text{CrO}_4^{2-}$ — хромато-;
$\text{OH}^-$ — гидроксо-;	$\text{CO}$ — карбонил;
$\text{H}_2\text{O}$ — аква-;	$\text{NO}$ — нитрозил;
$\text{NH}_3$ — аммин- ;	$\text{NH}_2^-$ — амидо-;
$\text{NO}_2^-$ — нитро- (или нитрито-);	$\text{N}_2\text{H}_5^+$ — гидразиниум.

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

1. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  реакции  

$$4\text{NH}_{3(\text{r})} + 5\text{O}_{2(\text{r})} = 4\text{NO}_{(\text{r})} + 6\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})}.$$
2. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  реакции  

$$\text{H}_2\text{S}_{(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = 2\text{HCl}_{(\text{r})} + \text{S}_{(\text{к})}.$$
3. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  реакции  

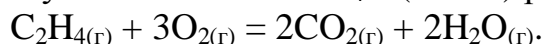
$$\text{CaO}_{(\text{к})} + \text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})} = \text{Ca}(\text{OH})_{2(\text{к})}.$$
4. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$  реакции  

$$\text{H}_2\text{S}_{(\text{r})} + \text{Cl}_{2(\text{r})} = 2\text{HCl}_{(\text{r})} + \text{S}_{(\text{к})}.$$
5. Вычислите  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  и определите возможность осуществления в стандартных условиях реакции  

$$\text{SO}_{2(\text{r})} + 2\text{H}_2\text{S}_{(\text{r})} = 3\text{S}_{(\text{к})} + 2\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}.$$
6. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  реакции  

$$\text{H}_2\text{O}_{(\text{r})} + \text{CO}_{(\text{r})} = \text{CO}_{2(\text{r})} + \text{H}_{2(\text{r})}.$$

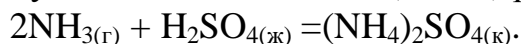
7. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$  реакции



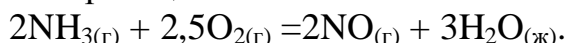
8. Вычислите  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  и определите возможность осуществления в стандартных условиях реакции



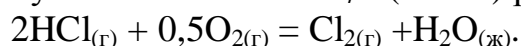
9. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$  реакции



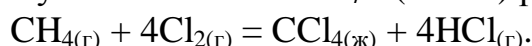
10. Вычислите  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  и определите возможность осуществления в стандартных условиях реакции



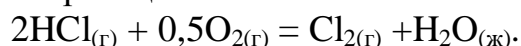
11. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$  реакции



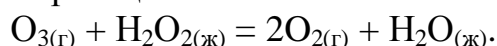
12. Рассчитайте и укажите значение  $\Delta_r S^0(298 \text{ K})$  реакции



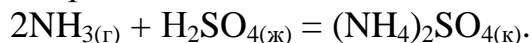
13. Вычислите  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  и определите возможность осуществления в стандартных условиях реакции



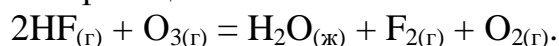
14. Вычислите  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  и определите возможность осуществления в стандартных условиях реакции



15. Вычислите  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  и определите возможность осуществления в стандартных условиях реакции



16. Вычислите  $\Delta_r G^0(298 \text{ K})$  и определите возможность осуществления в стандартных условиях реакции



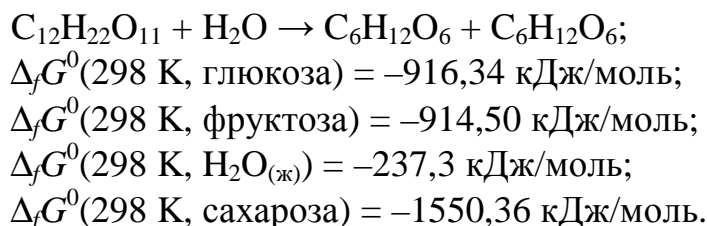
17. Вычислите  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  реакции  $4\text{CO}_{(\text{r})} + 2\text{SO}_{2(\text{r})} = \text{S}_{2(\text{r})} + 4\text{CO}_{2(\text{r})}$ , если  $\Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{S}_{2(\text{r})}) = 129 \text{ кДж/моль}$ .

18. Вычислите значение стандартной энтальпии образования PbO реакции  $2\text{PbO}_{(\text{к})} + \text{C}_{(\text{к})} = 2\text{Pb}_{(\text{к})} + \text{CO}_{2(\text{r})}$ , если известно, что тепловой эффект реакции равен  $42,1 \text{ кДж/моль}$ .

19. Вычислите  $\Delta_r H^0(298 \text{ K})$  реакции  $\text{B}_2\text{O}_{3(\text{к})} + 3\text{Mg}_{(\text{к})} = 2\text{B}_{(\text{к})} + 3\text{MgO}_{(\text{к})}$ , если  $\Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{MgO}_{(\text{к})}) = -611 \text{ кДж/моль}$ ;  $\Delta_f H^0(298 \text{ K}, \text{B}_2\text{O}_{3(\text{к})}) = -1406 \text{ кДж/моль}$ .

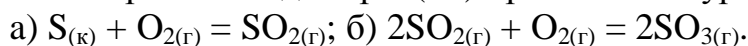
20. Рассчитайте изменение свободной энергии реакции гидролиза сахарозы при стандартных условиях и сделайте вывод о том, будет ли про-

текать процесс гидролиза сахарозы самопроизвольно. Реакция протекает по уравнению:



## ХИМИЧЕСКАЯ КИНЕТИКА И РАВНОВЕСИЕ

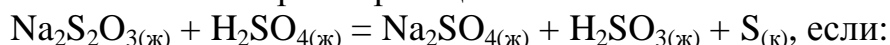
**21.** Окисление серы и оксида серы (IV) протекает по уравнениям:



Как изменятся скорости этих реакций, если объемы каждой из систем уменьшить в 4 раза?

**22.** Как изменится скорость реакции  $2NO_{(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{2(г)}$ , если давление в этой химической системе, находящейся в замкнутом сосуде, увеличить в 2 раза?

**23.** Как изменится скорость реакции



а) снизить концентрацию  $Na_2S_2O_3$  и  $H_2SO_4$  в 3 раза;

б) повысить концентрацию  $Na_2S_2O_3$  в 2 раза, а концентрацию серной кислоты — в 3 раза?

**24.** Как изменится скорость реакции  $N_{2(г)} + 3H_{2(г)} = 2NH_{3(г)}$ , если объем газовой смеси увеличить в 2 раза?

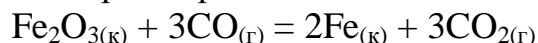
**25.** Во сколько раз надо изменить давление газовой смеси для того, чтобы увеличить скорость реакции  $2SO_{2(г)} + O_{2(г)} = 2SO_{3(г)}$  в 27 раз?

**26.** Реакция протекает по уравнению  $N_{2(г)} + O_{2(г)} = 2NO_{(г)}$ . Концентрации исходных веществ равны:  $[N_2] = 0,049 \text{ моль/дм}^3$ ;  $[O_2] = 0,01 \text{ моль/дм}^3$ . Вычислите концентрацию этих веществ в момент, когда  $[NO]$  стала равной  $0,005 \text{ моль/дм}^3$ .

**27.** Реакция протекает по уравнению  $N_{2(г)} + 3H_{2(г)} = 2NH_{3(г)}$ . Концентрации исходных равны:  $[N_2] = 0,80 \text{ моль/дм}^3$ ;  $[H_2] = 1,5 \text{ моль/дм}^3$ ;  $[NH_3] = 0,10 \text{ моль/дм}^3$ . Вычислите концентрацию водорода и аммиака на тот момент, когда  $[N_2]$  стала равной  $0,5 \text{ моль/дм}^3$ .

**28.** Начальные концентрации в реакции  $CO_{(г)} + H_2O_{(г)} = CO_{2(г)} + H_{2(г)}$  равны:  $[CO] = 0,2 \text{ моль/дм}^3$ ;  $[H_2O]_{\text{газ}} = 0,4 \text{ моль/дм}^3$ ;  $[CO_2] = 0,3 \text{ моль/дм}^3$ ;  $[H_2] = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ . Вычислите концентрации всех участвующих в реакции веществ после того, как прореагировало 40 % CO.

**29.** Как изменится скорость реакции



при увеличении концентрации угарного газа в 5 раз?

**30.** Во сколько раз нужно повысить давление в системе, где протекает реакция  $2\text{NO}_{(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} = 2\text{NO}_{2(\text{г})}$ , для того, чтобы скорость образования  $\text{NO}_2$  возросла в 1000 раз?

**31.** При повышении температуры от 20 до 60 °С скорость некоторой реакции увеличилась в 81 раз. Чему равен температурный коэффициент скорости этой реакции?

**32.** Скорость реакции увеличилась в 64 раза. Как изменилась температура, если температурный коэффициент скорости реакции равен 2?

**33.** На сколько градусов нужно понизить температуру для уменьшения в 27 раз скорости реакции, температурный коэффициент которой равен 3?

**34.** Как изменится скорость реакции при уменьшении температуры от 40 до 0 °С, если температурный коэффициент скорости реакции равен 4?

**35.** Вычислите, во сколько раз уменьшится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, если понизить температуру от 120 до 80 °С. Температурный коэффициент скорости реакции равен 3.

**36.** Как изменится скорость реакции, протекающей в газовой фазе, при понижении температуры на 30°, если температурный коэффициент скорости реакции равен 3?

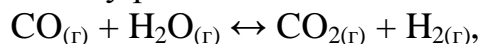
**37.** Температурный коэффициент скорости некоторых ферментативных процессов достигает 7. Принимая скорость ферментативного процесса при 20 °С за единицу, указать, чему могла бы быть равна скорость этого процесса при 50 °С.

**38.** Как изменится скорость реакции при увеличении температуры от -10 до +20 °С, если температурный коэффициент скорости реакции равен 2?

**39.** Скорость реакции уменьшилась в 25 раз. На сколько градусов изменилась температура, если температурный коэффициент скорости реакции равен 5?

**40.** Температурный коэффициент скорости некоторой реакции равен 3. Начальная скорость реакции 4 моль/дм<sup>3</sup> · с. Чему будет равна скорость этой реакции при повышении температуры на 40 °С?

**41.** Вычислите константу равновесия для гомогенной системы



если равновесные концентрации реагирующих веществ равны:  $[\text{CO}] = 0,004$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,064$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{CO}_2] = 0,016$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{H}_2] = 0,016$  моль/дм<sup>3</sup>.

**42.** Константа равновесия гомогенной системы  $\text{CO}_{(г)} + \text{H}_2\text{O}_{(г)} \leftrightarrow \text{CO}_{2(г)} + \text{H}_{2(г)}$  при некоторой температуре равна 1. Вычислите равновесные концентрации всех реагирующих веществ, если исходные концентрации равны:  $[\text{CO}] = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,4$  моль/дм<sup>3</sup>.

**43.** Обратимая реакция выражается уравнением



Константа равновесия равна 1. Начальные концентрации:  $[A] = 3$  моль/дм<sup>3</sup> и  $[B] = 2$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите равновесные концентрации всех участвующих в реакции веществ.

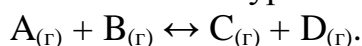
**44.** Константа равновесия  $A_{(г)} + B_{(г)} \leftrightarrow C_{(г)} + D_{(г)}$  равна 1. Равновесные концентрации:  $[A] = 2$  моль/дм<sup>3</sup> и  $[B] = 8$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите равновесные концентрации веществ  $C$  и  $D$ .

**45.** В равновесной системе  $A_{(г)} + B_{(г)} \leftrightarrow C_{(г)} + D_{(г)}$  начальные концентрации веществ  $A$  и  $B$  соответственно равны 4 и 3 моль/дм<sup>3</sup>. Равновесная концентрация  $[A] = 2$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите равновесные концентрации веществ  $B, C, D$  и константу равновесия.

**46.** При некоторой температуре равновесие гомогенной системы  $2\text{NO}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \leftrightarrow 2\text{NO}_{2(г)}$  установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:  $[\text{NO}] = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{O}_2] = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{NO}_2] = 0,1$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите константу равновесия и исходную концентрацию  $\text{NO}$  и  $\text{O}_2$ .

**47.** Равновесие реакции  $\text{N}_{2(г)} + 3\text{H}_{2(г)} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(г)}$  устанавливается при следующих концентрациях участвующих в ней веществ:  $[\text{N}_2] = 0,01$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{H}_2] = 2$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{NH}_3] = 0,4$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите константу равновесия и исходные концентрации азота и водорода.

**48.** Обратимая реакция описывается уравнением



Смешали по 1 моль всех веществ. После установления равновесия в смеси находится 1,5 моль вещества  $C$ . Найдите константу равновесия.

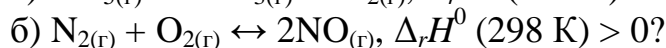
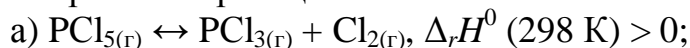
**49.** Напишите выражение для константы равновесия гетерогенной системы  $\text{CO}_{2(г)} + \text{C}_{(к)} \leftrightarrow 2\text{CO}_{(г)}$ . Как изменится скорость прямой реакции образования  $\text{CO}$ , если концентрацию  $\text{CO}_2$  уменьшить в 4 раза? Как следует изменить давление, чтобы повысить выход  $\text{CO}$ ?

**50.** Равновесие гомогенной системы  $4\text{HCl}_{(г)} + \text{O}_{2(г)} \leftrightarrow 2\text{H}_2\text{O}_{(г)} + 2\text{Cl}_{2(г)}$  установилось при следующих концентрациях реагирующих веществ:  $[\text{H}_2\text{O}] = 0,14$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{Cl}_2] = 0,14$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{HCl}] = 0,2$  моль/дм<sup>3</sup>;  $[\text{O}_2] = 0,32$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите исходные концентрации хлороводорода и кислорода.

**51.** Почему при изменении давления смещается равновесие системы  $\text{N}_{2(\text{г})} + 3\text{H}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{NH}_{3(\text{г})}$  и не смещается равновесие системы  $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{NO}_{(\text{г})}$ ? Напишите выражения констант равновесия для каждой из данных систем.

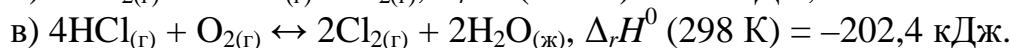
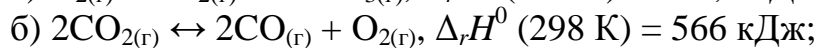
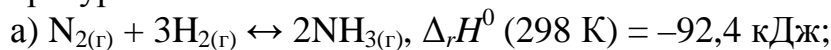
**52.** Напишите выражение константы равновесия гомогенной системы  $\text{CH}_{4(\text{г})} + \text{CO}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{CO}_{(\text{г})} + 2\text{H}_{2(\text{г})}$ . Как следует изменить температуру и давление, чтобы повысить выход водорода? Прямая реакция образования водорода является эндотермической.

**53.** В какую сторону при повышении температуры сместится равновесие обратимых реакций:

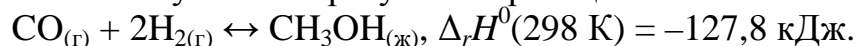


При понижении температуры? При повышении давления?

**54.** В какую сторону будет смещаться равновесие при повышении температуры в системах:



**55.** Метанол получается в результате реакции

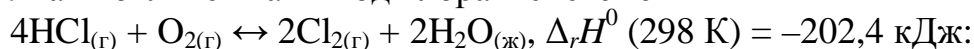


В каком направлении будет смещаться равновесие при повышении:

а) температуры; б) давления?

**56.** При каких условиях равновесие реакции  $4\text{Fe}_{(\text{к})} + 3\text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_{3(\text{к})}$ ,  $\Delta_r H^0(298 \text{ K}) = -821,3 \text{ кДж/моль}$  будет смещаться в сторону разложения оксида?

**57.** Как повлияет на выход хлора в системе



а) повышение температуры;

б) уменьшение общего объема смеси;

в) уменьшение концентрации кислорода;

г) введение катализатора?

**58.** Что необходимо сделать, чтобы сместить равновесие в реакции  $\text{C}_{(\text{к})} + \text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow \text{CO}_{2(\text{г})}$ ,  $\Delta_r H^0(298 \text{ K}) < 0$  вправо?

**59.** Что необходимо сделать, чтобы сместить равновесие реакции  $\text{N}_{2(\text{г})} + \text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{NO}_{(\text{г})}$ ,  $\Delta_r H^0(298 \text{ K}) > 0$  влево?

**60.** Что необходимо сделать, чтобы сместить равновесие в реакционной системе  $2\text{Zn}_{(\text{к})} + \text{O}_{2(\text{г})} \leftrightarrow 2\text{ZnO}_{(\text{к})}$ ,  $\Delta_r H^0(298 \text{ K}) < 0$  вправо?

## РАСТВОРЫ

**61.** До какого объема надо разбавить  $500 \text{ см}^3$  раствора  $\text{NaCl}$  с массовой долей 20 % ( $\rho = 1,152 \text{ г/см}^3$ ), чтобы получить раствор с массовой долей 4,5 % ( $\rho = 1,029 \text{ г/см}^3$ )?

**62.** К  $500 \text{ см}^3$  раствора  $\text{HNO}_3$  с массовой долей 32 % ( $\rho = 1,20 \text{ г/см}^3$ ) прибавили  $1 \text{ дм}^3$  воды. Чему равна массовая доля  $\text{HNO}_3$  в полученном растворе?

**63.** Какой объем воды надо прибавить к  $100 \text{ см}^3$  раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей 20 % ( $\rho = 1,14 \text{ г/см}^3$ ), чтобы получить раствор с массовой долей 5 %?

**64.** Какой объем воды нужно добавить к  $200 \text{ см}^3$  раствора некоторого вещества с массовой долей 5 % ( $\rho \sim 1 \text{ г/см}^3$ ), чтобы получить раствор с массовой долей 2 %?

**65.** Какие объемы воды и раствора серной кислоты ( $\omega = 80 \%$ ;  $\rho = 1,74 \text{ г/см}^3$ ) необходимо взять для приготовления  $500 \text{ см}^3$  раствора с массовой долей 10 % ( $\rho = 1,07 \text{ г/см}^3$ )?

**66.** До какого объема необходимо разбавить  $100 \text{ см}^3$  раствора соляной кислоты ( $\omega = 36 \%$ ;  $\rho = 1,18 \text{ г/см}^3$ ), чтобы получить раствор с  $\omega = 20 \%$  ( $\rho = 1,1 \text{ г/см}^3$ )?

**67.** Найдите массовую долю азотной кислоты в растворе, в  $1 \text{ дм}^3$  которого содержится 224 г  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,12 \text{ г/см}^3$ ).

**68.** К 20 г водного раствора вещества ( $\omega = 20 \%$ ) добавили 5 г того же вещества. Определите массовую долю вещества в образовавшемся растворе.

**69.** Сколько граммов  $\text{NaOH}$  необходимо взять для приготовления  $0,5 \text{ дм}^3$  раствора с  $\omega = 20 \%$  ( $\rho = 1,16 \text{ г/см}^3$ )?

**70.** Какой объем воды нужно добавить к  $200 \text{ см}^3$  раствора с массовой долей 6,5 % ( $\rho \sim 1 \text{ г/см}^3$ ), чтобы получить раствор некоторого вещества с  $\omega = 2 \%$ ?

**71.** Найдите массу  $\text{NaNO}_2$ , необходимую для приготовления  $300 \text{ см}^3$  0,2 М раствора.

**72.** Какую массу гидроксида натрия необходимо взять для приготовления  $200 \text{ см}^3$  0,5 М раствора?

**73.** Сколько граммов  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится в  $500 \text{ см}^3$  0,25 н раствора?

**74.** В каком объеме 0,1 н раствора содержится 8 г  $\text{CuSO}_4$ ?

**75.** Молярная доля карбоната натрия в растворе ( $\rho = 1,11 \text{ г/см}^3$ ) составляет 0,003. Вычислить молярную концентрацию и молярную концентрацию эквивалента раствора.

**76.** Определите массовую долю карбоната калия в 2 М растворе карбоната калия, плотность которого равна  $1,21 \text{ г/см}^3$ .

**77.** В 200 г раствора ( $\rho = 1,115 \text{ г/см}^3$ ) содержится 40 г азотной кислоты. Определите молярную долю кислоты в растворе и моляльность раствора.

**78.** В 1 кг воды растворено 666 г КОН; плотность этого раствора равна  $1,395 \text{ г/см}^3$ . Найдите молярную концентрацию и моляльность раствора.

**79.** Вычислите массовую долю раствора, полученного при сливании 2 растворов азотной кислоты:  $100 \text{ см}^3$  с  $\omega = 10 \%$  ( $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ ) и  $150 \text{ см}^3$  с  $\omega = 20 \%$  ( $\rho = 1,12 \text{ г/см}^3$ ).

**80.** Плотность раствора  $\text{HNO}_3$  с массовой долей 40 % равна  $1,25 \text{ г/см}^3$ . Рассчитайте молярную концентрацию и моляльность этого раствора.

**81.** Плотность раствора азотной кислоты с массовой долей 40 % равна  $1,25 \text{ г/см}^3$ . Рассчитайте молярную долю кислоты в растворе; моляльность и молярную концентрацию эквивалента раствора.

**82.** В 280 г воды растворили 40 г глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Найдите моляльность и молярную концентрацию полученного раствора ( $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ ).

**83.** Имеется 0,01 н раствор гидроксида бария ( $\rho \sim 1 \text{ г/см}^3$ ). Вычислите молярную концентрацию, моляльность и массовую долю (в %)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  в растворе.

**84.** Имеется раствор гидроксида натрия, в котором молярная доля  $\text{NaOH}$  равна 0,02. Вычислите молярную концентрацию раствора ( $\rho \sim 1 \text{ г/см}^3$ ) и массовую долю  $\text{NaOH}$  в нем.

**85.** В 2 кг воды растворено 666 г КОН; плотность раствора равна  $1,395 \text{ г/см}^3$ . Найдите массовую долю КОН в растворе (в %), молярную концентрацию и моляльность раствора.

**86.** Плотность раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\omega = 15 \%$ ) равна  $1,105 \text{ г/см}^3$ . Вычислите молярную концентрацию эквивалента, молярную концентрацию и моляльность раствора.

**87.** Плотность раствора сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  ( $\omega = 9 \%$ ) равна  $1,035 \text{ г/см}^3$ . Вычислите молярную концентрацию и моляльность раствора.

**88.** Смешали 2 раствора серной кислоты: 247 г раствора с  $\omega = 62 \%$  и 145 г раствора с  $\omega = 18 \%$ . Какова массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в полученном растворе?



**89.** Какой объем раствора карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  с массовой долей 10 % ( $\rho = 1,105 \text{ г/см}^3$ ) требуется для приготовления 5 дм<sup>3</sup> раствора с массовой долей 2 % ( $\rho = 1,02 \text{ г/см}^3$ )?

**90.** Рассчитайте молярную концентрацию раствора хлорида натрия (физиологического раствора) с массовой долей 0,9 % ( $\rho = 1 \text{ г/см}^3$ ).

**91.** На титрование 10 см<sup>3</sup> раствора  $\text{CH}_3\text{COOH}$  пошло 5 см<sup>3</sup> 0,2 М раствора  $\text{KOH}$ . Сколько г уксусной кислоты содержится в 500 см<sup>3</sup> анализируемого раствора?

**92.** На титрование 10 см<sup>3</sup> раствора  $\text{KOH}$  пошло 5 см<sup>3</sup> 0,2 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Сколько г гидроксида калия содержится в 500 см<sup>3</sup> анализируемого раствора?

**93.** На титрование 10 см<sup>3</sup> раствора  $\text{HCl}$  пошло 20 см<sup>3</sup> 0,1 М раствора  $\text{NaOH}$ . Сколько г  $\text{HCl}$  содержится в 500 см<sup>3</sup> анализируемого раствора?

**94.** На титрование 10 см<sup>3</sup> раствора  $\text{NaOH}$  пошло 20 см<sup>3</sup> 0,1 М раствора  $\text{HCl}$ . Сколько г гидроксида натрия содержится в 500 см<sup>3</sup> анализируемого раствора?

**95.** Сколько мл 0,01 н раствора  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  израсходуется на титрование 5 см<sup>3</sup> 0,02 М раствора  $\text{NaOH}$ ?

**96.** Сколько мл 0,2 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  израсходуется на титрование 50 см<sup>3</sup> 0,05 М раствора  $\text{NH}_4\text{OH}$ ?

**97.** Сколько мл 0,1 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  израсходуется на титрование 20 см<sup>3</sup> 0,05 М раствора  $\text{KOH}$ ?

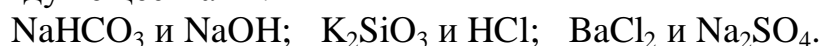
**98.** Сколько мл 0,02 н раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  израсходуется на титрование 10 см<sup>3</sup> 0,05 М раствора  $\text{KOH}$ ?

**99.** На титрование 25 см<sup>3</sup> раствора сульфата железа (II) пошло 27,5 см<sup>3</sup> 0,0505 н раствора перманганата калия. Определите массу сульфата железа (II) в 200 см<sup>3</sup> раствора.

**100.** На титрование 20 см<sup>3</sup> раствора сульфата железа (II) затрачено 22,8 см<sup>3</sup> 0,502 н раствора перманганата калия. Определите массу сульфата железа (II) в 150 см<sup>3</sup> раствора.

### ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ДИССОЦИАЦИЯ

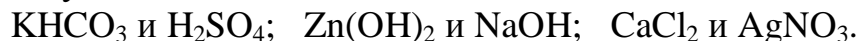
**101.** Составьте ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:



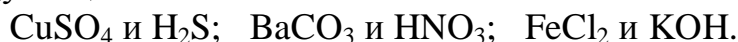
**102.** Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:



**103.** Составьте ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:

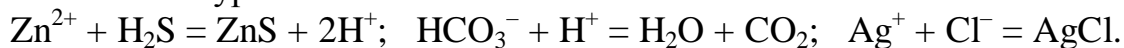


**104.** Составьте ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:



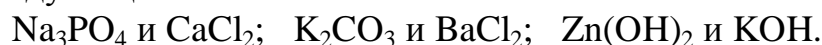
**105.** К каждому из веществ:  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  — прибавили раствор серной кислоты. Составьте ионные и молекулярные уравнения реакций.

**106.** Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:

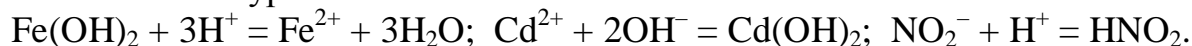


**107.** К каждому из веществ:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NiSO}_4$ ,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{Zn(OH)}_2$  — прибавили раствор гидроксида натрия. В каких случаях произошли реакции? Составьте ионные и молекулярные уравнения протекающих реакций.

**108.** Составьте ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:



**109.** Составьте молекулярные уравнения реакций, которые выражаются ионными уравнениями:



**110.** Составьте ионные и молекулярные уравнения реакций, протекающих между веществами:



**111.** Константа диссоциации циановодорода (синильной кислоты) равна  $7,9 \cdot 10^{-10}$ . Найдите степень диссоциации  $\text{HCN}$  в 0,001 М растворе.

**112.** Степень диссоциации угольной кислоты  $\text{H}_2\text{CO}_3$  по первой ступени в 0,05 М растворе равна  $2,11 \cdot 10^{-3}$ . Вычислите  $K_d(\text{H}_2\text{CO}_3)$  по первой ступени.

**113.** Вычислите константу диссоциации слабого одноосновного основания  $\text{MeOH}$ , если 0,01 М раствор его имеет  $\text{pH} = 8$ .

**114.** Вычислите  $\text{pH}$  0,01 М раствора слабой одноосновной кислоты, имеющей константу диссоциации  $1 \cdot 10^{-6}$ .

**115.** Вычислите pH 0,001 М раствора слабого однокислотного основания MeOH, имеющего константу диссоциации  $1 \cdot 10^{-7}$ .

**116.** Вычислите константу диссоциации слабой одноосновной кислоты, если 0,01 М раствор ее имеет pH = 5.

**117.** Водородный показатель некоторого 0,5 М водного раствора одноосновной кислоты равен 2. Чему равна степень диссоциации кислоты в этом растворе?

**118.** Вычислите степень диссоциации 0,5 М раствора уксусной кислоты. Константа диссоциации уксусной кислоты равна  $1,8 \cdot 10^{-5}$ .

**119.** В 0,1 М растворе  $\text{HNO}_2$   $[\text{H}^+] = 0,0068$  моль/дм<sup>3</sup>. Вычислите константу диссоциации азотистой кислоты.

**120.** Вычислите степень диссоциации азотистой кислоты  $\text{HNO}_2$  в 0,01 М растворе. Константа диссоциации азотистой кислоты равна  $4,6 \cdot 10^{-4}$ .

**121.** Как изменится константа диссоциации уксусной кислоты при разбавлении раствора в 4 раза?

**122.** Как изменится константа диссоциации пропионовой кислоты при разбавлении раствора в 4 раза?

**123.** В 10 л раствора содержится 3,7 г  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Чему равен pH этого раствора (здесь и в последующих расчетных тестах считать коэффициенты активности ионов в растворе равными 1, а температуру равной 298 К)?

**124.** 100 мл 0,01 М раствора NaOH разбавили водой до 10 л. Чему равен pH полученного раствора?

**125.** Активная кислотность желудочного сока равна 0,04 моль/л. Чему равен pH этой жидкости?

**126.** pOH сока поджелудочной железы равен 5,4. Чему равна активная кислотность (моль/л) этой жидкости?

**127.** Вычислить pH и pOH раствора серной кислоты, если в 1 л раствора содержится 0,049 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

**128.** Вычислить pH 0,001 М раствора уксусной кислоты, если степень ее диссоциации равна 0,134.

**129.** Как изменится pH среды при добавлении 30 мл 0,2 М раствора гидроксида натрия к 300 мл воды?

**130.** Во сколько раз концентрация ионов водорода в крови больше, чем в спинномозговой жидкости? (pH крови равна 7,36, pH спинномозговой жидкости равна 7,53).

**131.** Вычислите pH и pOH раствора, в котором концентрация ионов  $\text{H}^+$  равна  $10^{-4}$  моль/дм<sup>3</sup>.

132. Определите  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  в растворе, рОН которого равен 8.
133. Вычислите рН и рОН раствора, в котором концентрация ионов  $OH^-$  равна  $10^{-11}$  моль/дм<sup>3</sup>.
134. Определите  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  в растворе, рН которого равен 12.
135. Вычислите рН и рОН раствора, в котором концентрация ионов  $H^+$  равна  $10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>.
136. Определите  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  в растворе, рОН которого равен 12.
137. Вычислите рН и рОН раствора, в котором концентрация ионов  $OH^-$  равна  $10^{-13}$  моль/дм<sup>3</sup>.
138. Определите  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  в растворе, рН которого равен 9.
139. Определите  $[H^+]$  и  $[OH^-]$  в растворе, рН которого равен 10.
140. Вычислите рН и рОН раствора, в котором концентрация ионов  $H^+$  равна  $10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>.

### КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

141. Сколько граммов сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  ( $M = 342$  г/моль) надо растворить в 100 г воды, чтобы понизить температуру замерзания на  $1^\circ$ ? Повысить температуру кипения на  $1^\circ$ ? (Криоскопическая постоянная воды  $1,86$  кг · град/моль, эбулиоскопическая постоянная воды  $0,52$  кг · град/моль.)
142. Раствор, содержащий 2,1 г КОН в 250 г воды, замерзает при температуре  $-0,519$  °С. (Криоскопическая постоянная воды  $1,86$  кг · град/моль.) Найдите для этого раствора изотонический коэффициент.
143. Вычислите массовую долю (в %) сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$  в растворе, температура кипения которого равна  $100,13$  °С (эбулиоскопическая постоянная воды равна  $0,52$  кг · град/моль).
144. Опытным путем найдено, что осмотическое давление раствора, содержащего 5 г гемоглобина на  $100$  см<sup>3</sup> раствора, при  $27$  °С равно  $13,65$  мм рт. ст. Вычислите молекулярную массу гемоглобина. (Величина газовой постоянной  $R = 62,36$  дм<sup>3</sup> · (мм рт. ст.) / град · моль.)
145. Из 90 г глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  приготовлен  $1$  дм<sup>3</sup> раствора. Чему равно осмотическое давление (в мм рт. ст.) при  $27$  °С? (Для расчетов использовать величину газовой постоянной  $R = 62,36$  дм<sup>3</sup> · (мм рт. ст.) / град · моль.)
146. Имеются 3 раствора следующих концентраций:  $10$  г/дм<sup>3</sup> сахара  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ;  $10$  г/дм<sup>3</sup> глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ ;  $10$  г/дм<sup>3</sup> глицерина  $C_3H_5(OH)_3$ . Какой раствор (сахара или глицерина) будет гипертоничен и какой гипотоничен по отношению к раствору глюкозы?

**147.** Раствор, содержащий 1,477 г пероксида водорода в 100 г воды, замерзает при температуре  $-0,805\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вычислите молярную массу пероксида водорода. (Криоскопическая постоянная воды  $1,86\text{ кг}\cdot\text{град/моль}$ .)

**148.** Раствор, содержащий 3,04 г камфары  $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$  в 100 г бензола, кипит при температуре  $80,714\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура кипения бензола  $80,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вычислите эбулиоскопическую константу бензола.

**149.** Вычислите температуру кристаллизации 2%-ного раствора этилового спирта  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ . (Криоскопическая константа воды  $1,86\text{ кг}\cdot\text{град/моль}$ .)

**150.** Вычислите массовую долю метанола  $\text{CH}_3\text{OH}$  в водном растворе, зная, что температура замерзания раствора  $-2,79\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (Криоскопическая константа воды  $1,86\text{ кг}\cdot\text{град/моль}$ .)

**151.** В  $1\text{ см}^3$  раствора содержится  $10^{18}$  молекул растворенного вещества неэлектролита. Вычислите осмотическое давление раствора при  $298\text{ К}$  ( $R = 8,31\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ).

**152.** На сколько градусов повысится температура кипения, если в 100 г воды растворить 9 г глюкозы  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  ( $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180\text{ г/моль}$ ;  $E(\text{H}_2\text{O}) = 0,53\text{ кг}\cdot\text{град/моль}$ )?

**153.** При  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  осмотическое давление  $0,05\text{ М}$  раствора карбоната калия равно  $272,6\text{ кПа}$ . Определите кажущуюся степень диссоциации карбоната калия в растворе ( $R = 8,31\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ).

**154.** Рассчитайте при  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  давление пара над раствором, содержащим 13,68 г сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  в 90 г  $\text{H}_2\text{O}$ , если давление насыщенного пара над водой при той же температуре равно  $25\text{ кПа}$ . ( $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342\text{ г/моль}$ ;  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18\text{ г/моль}$ .)

**155.** Рассчитайте осмотическое давление физиологического раствора с массовой долей  $\text{NaCl}$  равной  $0,86\text{ }\%$  при  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\rho \approx 1\text{ г/мл}$ ). Кажущуюся степень диссоциации  $\text{NaCl}$  принять равной 1. ( $M(\text{NaCl}) = 58,5\text{ г/моль}$ ;  $R = 8,31\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ .)

**156.** Сколько граммов сахарозы  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  надо растворить в 100 г воды, чтобы понизить температуру замерзания на  $10\text{ градусов}$ ? ( $K(\text{H}_2\text{O}) = 1,86\text{ кг}\cdot\text{град/моль}$ ;  $M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 342\text{ г/моль}$ .)

**157.** При  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  осмотическое давление раствора, содержащего  $2,8\text{ г}$  высокомолекулярного соединения в  $200\text{ см}^3$  раствора, равно  $0,70\text{ кПа}$ . Определите молярную массу растворенного вещества ( $R = 8,31\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ).

**158.** Кажущаяся степень диссоциации хлорида калия в  $0,1\text{ М}$  растворе равна  $0,80$ . Определите осмотическое давление этого раствора при  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $R = 8,31\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ )?

**159.** При какой температуре будет замерзать водный раствор этилового спирта с массовой долей  $C_2H_5OH$  равной 40 %? ( $K(H_2O) = 1,86 \text{ кг} \cdot \text{град/моль}$ ;  $M(C_2H_5OH) = 46 \text{ г/моль}$ .)

**160.** При какой температуре будет замерзать водный раствор уксусной кислоты с массовой долей  $CH_3COOH$  равной 9 %? ( $K(H_2O) = 1,86 \text{ кг} \cdot \text{град/моль}$ ;  $M(CH_3COOH) = 60 \text{ г/моль}$ .)

**161.** Рассчитайте давление насыщенного пара над водным раствором сахарозы с массовой долей  $C_{12}H_{22}O_{11}$  равной 10 % при  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ , если давление насыщенного пара над водой равно при этой температуре  $101,3 \text{ кПа}$ . ( $M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342 \text{ г/моль}$ .)

**162.** Сколько граммов глюкозы нужно растворить в  $270 \text{ г}$  воды для повышения температуры кипения на  $1^\circ$ ? ( $E(H_2O) = 0,53 \text{ кг} \cdot \text{град/моль}$ ;  $M(C_6H_{12}O_6) = 180 \text{ г/моль}$ .)

**163.** Вычислите осмотическое давление раствора, содержащего  $16 \text{ г}$  сахарозы  $C_{12}H_{22}O_{11}$  и  $350 \text{ г}$  воды при  $293 \text{ К}$ . Плотность раствора считать равной  $1 \text{ г/мл}$ . ( $M(C_{12}H_{22}O_{11}) = 342 \text{ г/моль}$ ;  $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ .)

**164.** Раствор, содержащий  $0,53 \text{ г}$  карбоната натрия в  $200 \text{ г}$  воды, замерзает при  $-0,13 \text{ }^\circ\text{C}$ . Вычислите кажущуюся степень диссоциации соли. ( $M(Na_2CO_3) = 106 \text{ г/моль}$ ;  $K(H_2O) = 1,86 \text{ кг} \cdot \text{град/моль}$ .)

**165.** Раствор, в  $100 \text{ мл}$  которого находится  $2,3 \text{ г}$  вещества неэлектролита, обладает при  $298 \text{ К}$  осмотическим давлением, равным  $618,5 \text{ кПа}$ . Определите молярную массу вещества. ( $R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$ .)

**166.** При  $315 \text{ К}$  давление насыщенного пара над водой равно  $8,2 \text{ кПа}$ . На сколько понизится давление пара при указанной температуре, если в  $540 \text{ г}$  воды растворить  $36 \text{ г}$  глюкозы  $C_6H_{12}O_6$ ? ( $M(C_6H_{12}O_6) = 180 \text{ г/моль}$ ;  $M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$ .)

**167.** Сколько граммов глюкозы  $C_6H_{12}O_6$  содержится в  $0,5 \text{ л}$  раствора, если его осмотическое давление (при той же температуре) равно осмотическому давлению раствора, в  $1 \text{ л}$  которого содержится  $9,2 \text{ г}$  глицерина  $C_3H_8O_3$ ? ( $M(C_6H_{12}O_6) = 180 \text{ г/моль}$ ;  $M(C_3H_8O_3) = 92 \text{ г/моль}$ .)

**168.** В равных объемах воды растворено в одном случае  $0,5 \text{ моль}$  сахарозы, в другом —  $0,2 \text{ моль}$  хлорида кальция. Температуры замерзания обоих растворов одинаковы. Определите кажущуюся степень диссоциации хлорида кальция.

**169.** Осмотическое давление раствора неэлектролита при  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  равно  $23 \text{ кПа}$ . Чему равна молярная масса неэлектролита, если в  $5 \text{ л}$  этого раствора содержится  $2,5 \text{ г}$  этого вещества.

**170.** В 100 г воды растворили 2,5 г глюкозы. Какова температура замерзания этого раствора, если при тех же условиях температура замерзания  $\text{H}_2\text{O}$  равна  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ? ( $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180\text{ г/моль}$ ;  $K(\text{H}_2\text{O})=1,86\text{ кг} \cdot \text{град/моль}$ .)

### ГИДРОЛИЗ СОЛЕЙ

**171.** Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза, происходящего при смешивании растворов  $\text{K}_2\text{S}$  и  $\text{CrCl}_3$  (образуются  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ).

**172.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы солей:  $\text{MnCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

**173.** Какие из солей:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$  — подвергаются гидролизу? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**174.** Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей:  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ . Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы этих солей?

**175.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы солей:  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза этих солей.

**176.** При смешивании растворов  $\text{CuSO}_4$  и  $\text{K}_2\text{CO}_3$  выпадает осадок основной соли  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  и выделяется  $\text{CO}_2$ . Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза.

**177.** Какие из солей:  $\text{NaBr}$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CoCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  — подвергаются гидролизу? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**178.** Какие из солей:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{NaI}$  — подвергаются гидролизу? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза соответствующих солей.

**179.** Какое значение pH (больше или меньше 7) имеют растворы следующих солей:  $\text{K}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ? Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза солей.

**180.** При смешивании растворов  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  и  $\text{Na}_2\text{S}$  образуются  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{H}_2\text{S}$ . Составьте ионные и молекулярные уравнения гидролиза.

**181.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза сульфида калия. Какое значение pH (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**182.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза дигидрофосфата натрия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**183.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза нитрита натрия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**184.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза метасиликата калия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**185.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза гидрокарбоната натрия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**186.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза ортофосфата калия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**187.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза сульфита натрия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**188.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза гидросиликата натрия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**189.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза ацетата кальция. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**190.** Напишите молекулярное и ионное уравнения реакции гидролиза нитрита натрия. Какое значение рН (больше или меньше 7) имеет раствор данной соли?

**191.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{KHSO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**192.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**193.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в



молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**194.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{NH}_4\text{NO}_2$ ,  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{CaBr}_2$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**195.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaNO}_3$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**196.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{Cs}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_2)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**197.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{BaCl}_2$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**198.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{KI}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**199.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

**200.** Какие из указанных солей подвергаются гидролизу:  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{KHSO}_3$ ? Напишите уравнения гидролиза этих солей в молекулярном и ионном виде и определите среду (кислая, щелочная, нейтральная).

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

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

**201.** Напишите электронные формулы атомов марганца и селена. Укажите, к каким элементам (к s-, p-, d- или f-элементам) они относятся?

**202.** Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4s или 3d; 5s или 4p? Почему? Составьте электронную формулу атома элемента, порядковый номер которого 21.

**203.** Составьте электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 17 и 29. Учтите, что у последнего один из 4s-электронов в основном состоянии данного атома расположен на 3d-подуровне. Укажите, к каким элементам (к s-, p-, d- или f-элементам) они относятся?

**204.** Какие орбитали атома заполняются электронами раньше: 4d или 5s; 6s или 5p? Почему? Составьте электронную формулу атома элемента, порядковый номер которого 43.

**205.** Составьте электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 14 и 40. Какие электроны этих атомов являются валентными?

**206.** Составьте электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 16 и 28. Укажите, к каким элементам (к s-, p-, d- или f-элементам) они относятся? Какие электроны этих атомов являются валентными?

**207.** Составьте электронную формулу атома элемента с порядковым номером 39. Укажите, к каким элементам (к s-, p-, d- или f-элементам) он относится?

**208.** Составьте электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 24 и 33, учитывая, что у первого один из 4s-электронов находится на 3d-подуровне. Укажите, к каким элементам (к s-, p-, d- или f-элементам) они относятся? Какие электроны этих атомов являются валентными?

**209.** В чем заключается принцип Паули? Может ли находиться на p-подуровне какого-либо уровня 7 электронов? Составьте электронную формулу атома элемента с порядковым номером 22 и укажите его валентные электроны.

**210.** Составьте электронные формулы атомов элементов с порядковыми номерами 32 и 42, учитывая, что у последнего один из 5s-электронов находится на 4d-подуровне. Укажите, к каким элементам (к s-, p-, d- или f-элементам) они относятся? Какие электроны этих атомов являются валентными?

**211.** Исходя из положения германия, молибдена и рения в периодической системе, составьте формулы следующих соединений: водородного соединения германия, рениевой кислоты и оксида молибдена (молибден находится в высшей степени окисления).

**212.** Составьте формулы оксидов и гидроксидов элементов III периода периодической системы (в их высших степенях окисления). Как изменяются кислотные и основные свойства этих соединений при переходе от натрия к хлору?

**213.** Какой из элементов IV периода — ванадий или мышьяк — обладает более выраженными металлическими свойствами? Какой из этих элементов образует газообразное соединение с водородом? Ответ обоснуйте сведениями о строении атомов данных элементов.

**214.** У какого элемента IV периода — хрома или селена — сильнее выражены металлические свойства? Какой из этих элементов образует газообразное соединение с водородом? Ответ обоснуйте сведениями о строении атомов данных элементов.

**215.** Какую низшую степень окисления проявляют хлор, сера, азот и углерод? Составьте формулы соединений алюминия с данными элементами в этой степени окисления. Как называются соответствующие соединения?

**216.** У какого из р-элементов V группы периодической системы — фосфора или сурьмы — сильнее выражены неметаллические свойства? Какое из водородных соединений данных элементов является более сильным восстановителем? Ответ обоснуйте сведениями о строении атомов данных элементов.

**217.** Исходя из положения металла в периодической системе, дайте ответ на вопрос: какой из двух гидроксидов проявляет более выраженные основные свойства:  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  или  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  или  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ;  $\text{Cd}(\text{OH})_2$  или  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ?

**218.** Почему марганец проявляет металлические свойства, а хлор — неметаллические? Ответ обоснуйте сведениями о строении атомов данных элементов. Напишите формулы оксидов и гидроксидов хлора и марганца в высших степенях окисления.

**219.** Какую низшую степень окисления проявляют водород, фтор, сера и азот? Составьте формулы соединений кальция с данными элементами в этой степени окисления. Как называются соответствующие соединения?

**220.** Какую низшую и высшую степень окисления проявляют кремний, мышьяк, селен и хлор? Составьте формулы соединений этих элементов в данных степенях окисления.

**221.** Составьте электронную формулу нейтрального атома и катиона кальция.

**222.** Составьте электронную формулу нейтрального атома и катиона бария.

**223.** Составьте электронную формулу нейтрального атома и катиона цезия.

**224.** Составьте электронную формулу нейтрального атома и катиона стронция.

**225.** Составьте электронную формулу нейтрального атома и катиона рубидия.

**226.** Составьте электронную формулу атома мышьяка.

**227.** Составьте электронную формулу атома олова.

**228.** Составьте электронную формулу атома полония.

**229.** Составьте электронную формулу атома свинца.

**230.** Составьте электронную формулу атома кобальта.

## ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ И СТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛ

**231.** Какую химическую связь называют ковалентной? Чем можно объяснить направленность ковалентной связи? Как МВС объясняет строение молекулы воды?

**232.** Какая ковалентная связь называется неполярной, а какая полярной? Что служит количественной мерой полярности ковалентной связи? Составьте электронные схемы строения молекул  $N_2$ ,  $H_2O$ ,  $HI$ . Какие из них являются диполями?

**233.** Какой способ образования ковалентной связи называется донорно-акцепторным? Какие химические связи имеются в ионах  $NH_4^+$  и  $BF_4^-$ ? Укажите донор и акцептор.

**234.** Как МВС объясняет линейное строение молекулы  $BeCl_2$  и тетраэдрическое —  $CH_4$ ?

**235.** Какая ковалентная связь называется  $\sigma$ -связью, а какая  $\pi$ -связью? Рассмотрите на примере строения молекулы азота.

**236.** Сколько неспаренных электронов имеет атом хлора в нормальном и возбужденном состояниях? Распределите эти электроны по квантовым ячейкам. Чему равна валентность хлора, обусловленная неспаренными электронами?

**237.** Распределите электроны атома серы по квантовым ячейкам. Сколько неспаренных электронов имеют ее атомы в нормальном и возбужденном состояниях? Чему равна валентность серы, обусловленная неспаренными электронами?

**238.** Что называется дипольным моментом? Какая из молекул  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$  имеет наибольший дипольный момент? Почему? Составьте электронную схему строения молекулы  $\text{NH}_3$ .

**239.** Какие кристаллические решетки называются ионными, атомными, металлическими, молекулярными? Кристаллы каких из веществ: алмаз, хлорид натрия, оксид углерода (IV), цинк — имеют указанные типы кристаллических решеток?

**240.** Составьте электронные схемы строения молекул  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CCl}_4$ . В каких молекулах ковалентная связь является полярной? Как МВС объясняет угловое строение молекулы  $\text{H}_2\text{S}$ ?

**241.** Чем отличается структура кристаллов  $\text{NaCl}$  от структуры металлического натрия? Какой тип кристаллической решетки характерен для этих веществ?

**242.** Какая химическая связь называется водородной? Между молекулами каких веществ она образуется? Почему  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{HF}$ , имея меньшие молекулярные массы, плавятся и кипят при более высоких температурах, чем их аналоги?

**243.** Какая химическая связь называется ионной? Каков механизм ее образования? Какие свойства ионной связи отличают ее от ковалентной? Приведите два примера типичных ионных соединений.

**244.** Что следует понимать под степенью окисления атома? Определите степень окисления и валентность атома углерода в соединениях  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{CO}_2$ .

**245.** Какие силы межмолекулярного взаимодействия называются ориентационными, индукционными и дисперсионными? Когда они возникают и какова природа этих сил?

**246.** Какая химическая связь называется координационной или донорно-акцепторной? Разберите строение комплекса  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Укажите донор и акцептор. Как МВС объясняет тетраэдрическое строение этого иона?

**247.** Какие электроны атома бора участвуют в образовании ковалентных связей? Как МВС объясняет симметричную треугольную форму молекулы  $\text{BF}_3$ ?

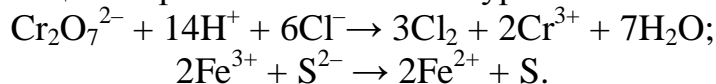
**248.** Как ММО объясняет парамагнитные свойства молекулы кислорода? Нарисуйте энергетическую схему образования молекулы  $\text{O}_2$  по ММО.

**249.** Нарисуйте энергетическую схему образования молекулы  $\text{F}_2$  по ММО. Сколько электронов находится на связывающих и разрыхляющих орбиталях?

**250.** Как ММО объясняет большую энергию диссоциации молекулы азота? Нарисуйте энергетическую схему образования молекулы  $N_2$  по ММО. Сколько электронов находится на связывающих и разрыхляющих орбиталях.

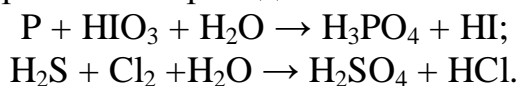
## ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ

**251.** ОВ реакции выражаются ионными уравнениями:



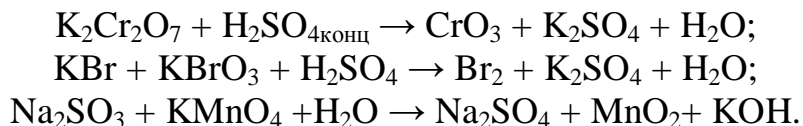
Составьте уравнения полуреакций. Для каждой реакции укажите, какой ион является окислителем, какой — восстановителем; какой ион окисляется, какой — восстанавливается.

**252.** Реакции выражаются приведенными схемами:



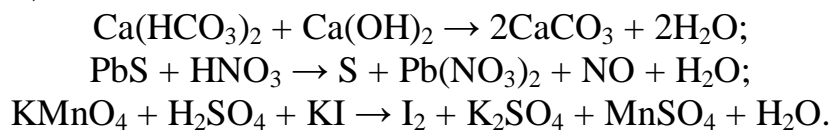
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**253.** Какие из приведенных реакций, протекающих по приведенным ниже схемам, являются ОВ?



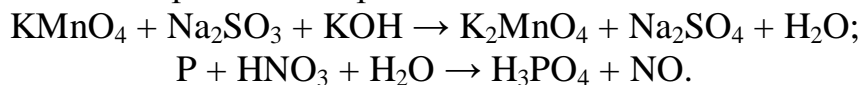
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях ОВ реакций. Для каждой из этих реакций укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем.

**254.** Какие из приведенных реакций, протекающих по приведенным ниже схемам, являются ОВ?



Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях ОВ реакций. Для каждой из этих реакций укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем.

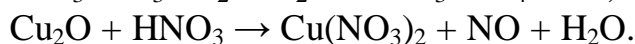
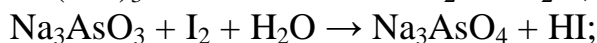
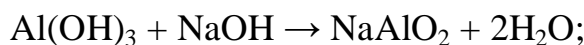
**255.** Реакции выражаются приведенными схемами:



Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является

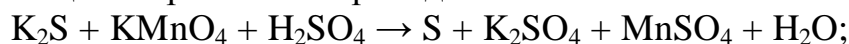
окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**256.** Какие из приведенных реакций, протекающих по приведенным ниже схемам, являются ОВ?



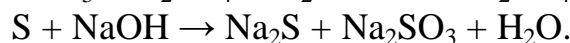
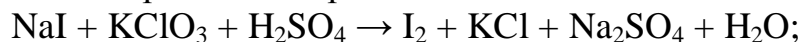
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях ОВ реакций. Для каждой из этих реакций укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем.

**257.** Реакции выражаются приведенными схемами:



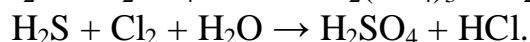
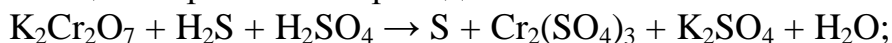
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**258.** Реакции выражаются приведенными схемами:



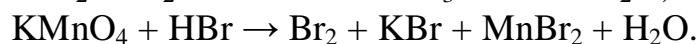
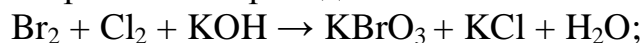
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**259.** Реакции выражаются приведенными схемами:



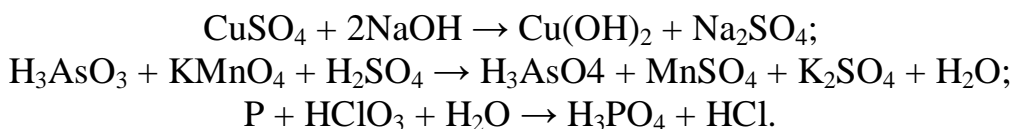
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**260.** Реакции выражаются приведенными схемами:

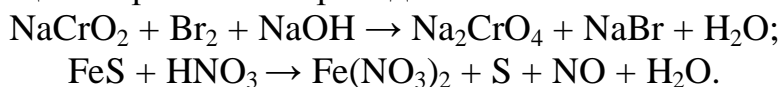


Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**261.** Какие из приведенных реакций, протекающих по приведенным ниже схемам, являются ОВ?

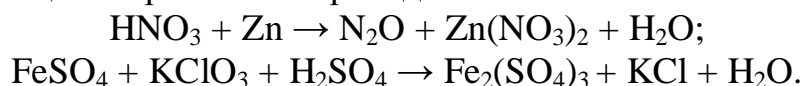


**262.** Реакции выражаются приведенными схемами:



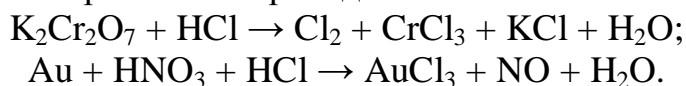
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**263.** Реакции выражаются приведенными схемами:



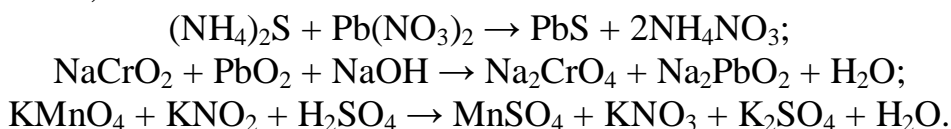
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**264.** Реакции выражаются приведенными схемами:



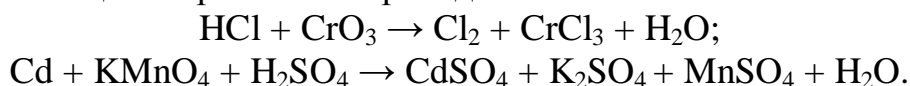
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**265.** Какие из приведенных реакций, протекающих по приведенным ниже схемам, являются ОВ?



Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях ОВ реакций. Для каждой из этих реакций укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем.

**266.** Реакции выражаются приведенными схемами:



Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

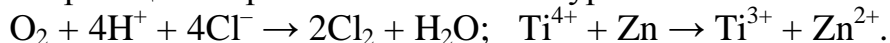


**267.** Реакции выражаются приведенными схемами:



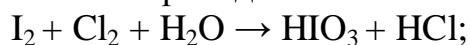
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**268.** ОВ реакции выражаются ионными уравнениями:



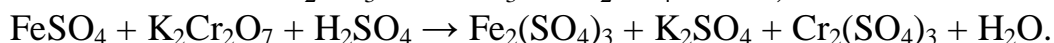
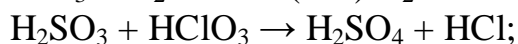
Составьте уравнения полуреакций. Для каждой реакции укажите, какой ион является окислителем, какой — восстановителем; какой ион окисляется, какой — восстанавливается.

**269.** Реакции выражаются приведенными схемами:



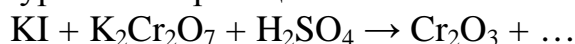
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях реакций. Для каждой реакции укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем; какое вещество окисляется, какое — восстанавливается.

**270.** Какие из приведенных реакций, протекающих по приведенным ниже схемам, являются ОВ?



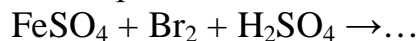
Составьте уравнения полуреакций. Расставьте коэффициенты в уравнениях ОВ реакций. Для каждой из этих реакций укажите, какое вещество является окислителем, какое — восстановителем.

**271.** Закончите уравнение реакции:



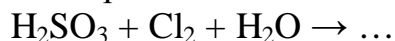
Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**272.** Закончите уравнение реакции:



Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**273.** Закончите уравнение реакции:



Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**274.** Закончите уравнение реакции:



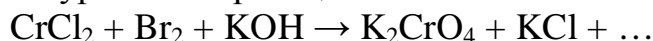
Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**275.** Закончите уравнение реакции:



Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**276.** Закончите уравнение реакции:



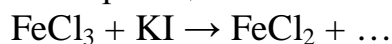
Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**277.** Закончите уравнение реакции:



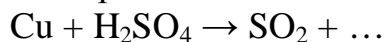
Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**278.** Закончите уравнение реакции:



Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**279.** Закончите уравнение реакции:



Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**280.** Закончите уравнение реакции:



Укажите окислитель и восстановитель, расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**281.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_2) = 0,68 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{HClO}/\text{Cl}^-) = 1,49 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{HCl} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**282.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{H}_3\text{PO}_4/\text{H}_3\text{PO}_3) = -0,28 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{I}_2/2\text{I}^-) = 0,54 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{HI} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_3 + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O}$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**283.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(2\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^0) = 0,34 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{FeCl}_3 + \text{Cu} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{CuCl}_2$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**284.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = -0,15 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{I}_2/2\text{I}^-) = 0,54 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{SnCl}_4 + \text{KI} \rightarrow \text{SnCl}_2 + \text{I}_2 + \text{KCl}$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**285.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{SO}_4^{2-}/\text{H}_2\text{SO}_3) = 0,17 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{H}_2\text{SO}_3 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**286.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}) = -0,15 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{SnCl}_4 + \text{FeCl}_2 \rightarrow \text{SnCl}_2 + \text{FeCl}_3$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**287.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**288.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+}) = 1,33 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{CrCl}_3 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**289.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}) = 1,46 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{Cl}_2/2\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{PbO}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{Cl}_2 + \text{PbCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$  при стандартных условиях. Расставьте стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

**290.** По значениям стандартных ОВ потенциалов ( $\varphi^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ В}$ ;  $\varphi^0(\text{Br}_2/2\text{Br}^-) = 1,06 \text{ В}$ ) определите возможность протекания реакции  $\text{KBr} + \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Br}_2 + \text{FeCl}_2 + \text{KCl}$  при стандартных условиях. Расставьте

стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции методом полуреакций.

## КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

**291.** Определите, чему равны заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ ,  $\text{K}[\text{Ag}(\text{CN})_2]$ . Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

**292.** Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений платины:  $\text{PtCl}_4 \cdot 6\text{NH}_3$ ;  $\text{PtCl}_4 \cdot 4\text{NH}_3$ ;  $\text{PtCl}_4 \cdot 2\text{NH}_3$ . Координационное число платины (+4) равно 6. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах. Какое из них является комплексным неэлектролитом?

**293.** Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений кобальта:  $\text{CoCl}_3 \cdot 6\text{NH}_3$ ;  $\text{CoCl}_3 \cdot 5\text{NH}_3$ ;  $\text{CoCl}_3 \cdot 4\text{NH}_3$ . Координационное число кобальта (+3) равно 6. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

**294.** Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений серебра:  $\text{AgCl} \cdot 2\text{NH}_3$ ;  $\text{AgCN} \cdot \text{KCN}$ ;  $\text{AgNO}_2 \cdot \text{NaNO}_2$ . Координационное число серебра (+1) равно 2. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

**295.** Определите, чему равны заряд комплексного иона, степень окисления и координационное число комплексообразователя в соединениях  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;  $\text{K}_4[\text{TiCl}_8]$ ;  $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$ . Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

**296.** Составьте координационные формулы комплексных соединений кобальта:  $3\text{NaNO}_2 \cdot \text{Co}(\text{NO}_2)_3$ ;  $\text{CoCl}_3 \cdot 3\text{NH}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $2\text{KNO}_2 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{Co}(\text{NO}_2)_3$ . Координационное число кобальта (+3) равно 6. Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах.

**297.** Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений платины (+2), координационное число которой равно 4:  $\text{PtCl}_2 \cdot 3\text{NH}_3$ ;  $\text{PtCl}_2 \cdot \text{NH}_3 \cdot \text{KCl}$ ;  $\text{PtCl}_2 \cdot 2\text{NH}_3$ . Напишите уравнения диссоциации этих соединений в водных растворах. Какое из них является комплексным неэлектролитом?

**298.** Укажите комплексообразователь, его степень окисления и координационное число в комплексных соединениях:  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ ;  $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{CN})_4]$ ;  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]\text{SO}_4$ ;  $\text{K}_2[\text{PtCl}_6]$ .

**299.** Укажите комплексообразователь, его степень окисления и координационное число в комплексных ионах:  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Br}_2]^+$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]^-$ ;  $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$ ;  $[\text{HgI}_4]^{2-}$ ;  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]^+$ ;  $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ .

**300.** Составьте координационные формулы следующих комплексных соединений:  $\text{KCN} \cdot \text{AgCN}$ ;  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{NH}_3$ ;  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;  $2\text{KCN} \cdot \text{Cu}(\text{CN})_2$ ;  $2\text{KCNS} \cdot \text{Co}(\text{CNS})_2$ ;  $2\text{KI} \cdot \text{HgI}_2$ .

**301.** Напишите выражения констант нестойкости комплексных ионов  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ;  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ . Чему равны степень окисления и координационное число комплексообразователей в этих ионах?

**302.** Константы нестойкости комплексных ионов  $[\text{Co}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Hg}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Cd}(\text{CN})_4]^{2-}$  соответственно равны  $8 \cdot 10^{-20}$ ,  $4 \cdot 10^{-41}$ ,  $1,4 \cdot 10^{-17}$ . В каком растворе, содержащем эти ионы (при равной молярной концентрации), ионов  $\text{CN}^-$  больше? Напишите выражения констант нестойкости указанных комплексных ионов.

**303.** Напишите выражения констант нестойкости следующих комплексных ионов:  $[\text{Ag}(\text{CN})_2]^-$ ,  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ ,  $[\text{Ag}(\text{NCS})_2]^-$ . Зная, что они соответственно равны  $1 \cdot 10^{-21}$ ,  $6,8 \cdot 10^{-8}$ ,  $2 \cdot 10^{-11}$ , укажите, в каком растворе, содержащем эти ионы (при равной молярной концентрации), больше ионов  $\text{Ag}^+$ .

**304.** Константы нестойкости комплексных ионов  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ;  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  соответственно равны  $6,2 \cdot 10^{-36}$ ;  $1 \cdot 10^{-37}$ ;  $1 \cdot 10^{-44}$ . Какой из этих ионов является более прочным? Напишите уравнения вторичной диссоциации комплексных ионов и выражения их констант нестойкости.

**305.** Определите степень окисления комплексообразователя и назовите комплексные соединения:  $\text{K}_2[\text{SiF}_4]$ ;  $\text{K}[\text{AuCl}_4]$ ;  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ;  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_3\text{Cl}_3]$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3]$ ;  $\text{K}[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]$ .

**306.** Определите степень окисления комплексообразователя и назовите комплексные соединения:  $\text{Na}_2[\text{PtCl}_4]$ ;  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$ ;  $\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .

**307.** Определите степень окисления комплексообразователя и назовите комплексные соединения:  $\text{Ca}[\text{PtCl}_6]$ ;  $\text{Zn}[\text{Ni}(\text{CN})_4]$ ;  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4](\text{NO}_3)_2$ ;  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{CNS})_2]\text{Cl}$ ;  $\text{K}_3[\text{AsS}_4]$ ;  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]\text{Br}_4$ .

**308.** Напишите координационные формулы комплексных соединений:  
а) дицианоаргентат (I) натрия;  
б) гексанитрокобальтат (III) калия;  
в) хлорид гексаамминникеля (II);  
г) гексацианохромат (III) калия.

- 309.** Напишите координационные формулы комплексных соединений:
- гексацианокобальтат (III) калия;
  - бромид гексаамминкобальта (III);
  - нитрат дибромтетрааквахрома (III);
  - сульфат аквапентаамминникеля (II).

**310.** Определите степень окисления комплексообразователя и назовите комплексные соединения:  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{CNS})_2]\text{Cl}$ ;  $\text{K}_3[\text{AsS}_4]$ ;  $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]\text{Br}_4$ .

## s-ЭЛЕМЕНТЫ

**311.** Какую степень окисления может проявлять водород в своих соединениях? Приведите примеры реакций, в которых газообразный водород играет роль окислителя и в которых — восстановителя.

**312.** Какие свойства может проявлять пероксид водорода в ОВ реакциях? Почему? На основании электронных уравнений напишите уравнения реакций взаимодействия  $\text{H}_2\text{O}_2$ : а) с  $\text{Ag}_2\text{O}$ ; б)  $\text{KI}$ .

**313.** Почему пероксид водорода способен диспропорционировать (самоокисляться – самовосстанавливаться)? Составьте уравнения электронного баланса и молекулярное уравнение процесса разложения  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

**314.** Гидроксид какого s-элемента проявляет амфотерные свойства? Составьте молекулярные и ионные уравнения реакций взаимодействия этого гидроксида: а) с кислотой; б) щелочью.

**315.** При пропускании оксида углерода (IV) через известковую воду (раствор  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) образуется осадок, который при дальнейшем пропускании  $\text{CO}_2$  растворяется. Дайте объяснение этому явлению. Составьте уравнения реакций.

**316.** Составьте уравнения электронного баланса и молекулярные уравнения реакций взаимодействия:

- бериллия с раствором щелочи;
- магния с концентрированной серной кислотой (образуется сера).

**317.** Как можно получить гидроксиды щелочных металлов? Составьте уравнения реакций, происходящих при насыщении раствора гидроксида натрия: а) хлором; б) оксидом серы (IV); в) сероводородом.

**318.** Какие соединения называются негашеной и гашеной известью? Составьте уравнения реакций их получения. Какое соединение образуется при накаливании негашеной извести с углем? Что является окислителем и восстановителем в последней реакции? Составьте уравнения электронного баланса и молекулярное уравнение.

**319.** Составьте уравнения электронного баланса и молекулярные уравнения реакций взаимодействия: а) кальция с водой; б) магния с азотной кислотой (образуется  $N_2O$ ).

**320.** В какой цвет окрашивают бесцветное пламя горелки соли магния?

**321.** В какой цвет окрашивают бесцветное пламя горелки соли лития?

**322.** В какой цвет окрашивают бесцветное пламя горелки соли натрия?

**323.** В какой цвет окрашивают бесцветное пламя горелки соли калия?

**324.** В какой цвет окрашивают бесцветное пламя горелки соли кальция?

**325.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) карбоната лития с использованием гидрофосфата натрия.

**326.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) хлорида натрия с использованием уранилацетата цинка.

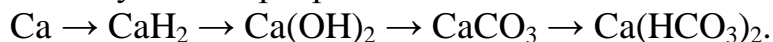
**327.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) бромиды калия с использованием гексанирокобальтата (III) натрия.

**328.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) сульфата магния с использованием аммиачного раствора гидрофосфата натрия.

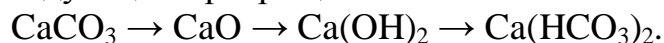
**329.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) хлорида кальция с использованием оксалата аммония.

**330.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) сульфата бария. Первым этапом является кипячение препарата с насыщенным раствором карбоната натрия.

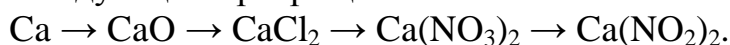
**331.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



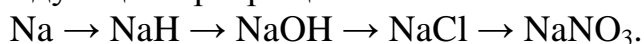
**332.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**333.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**334.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



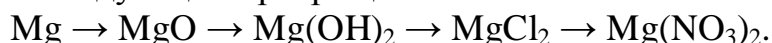
**335.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**336.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**337.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



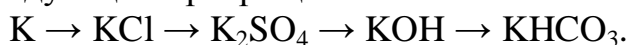
**338.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**339.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:

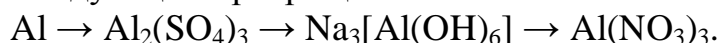


**340.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



## р-ЭЛЕМЕНТЫ

**341.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**342.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**343.** Какая степень окисления наиболее характерна для олова, а какая для свинца? Составьте уравнения электронного баланса и молекулярные уравнения реакций взаимодействия олова и свинца с концентрированной азотной кислотой.

**344.** Составьте уравнение реакции взаимодействия фосфора с азотной кислотой, учитывая, что степень окисления фосфора становится максимальной, а степень окисления азота снижается до +4. Составьте уравнения электронного баланса.



**345.** Почему атомы большинства р-элементов способны к реакциям диспропорционирования (самоокисления – самовосстановления)? Напишите уравнение реакции растворения серы в концентрированном растворе щелочи. Один из продуктов реакции содержит серу со степенью окисления +4. Составьте уравнения электронного баланса.

**346.** Как проявляет себя сероводород в ОВ реакциях? Почему? Составьте уравнения электронного баланса и молекулярные уравнения реакции взаимодействия раствора сероводорода: а) с хлором; б) кислородом.

**347.** Почему азотистая кислота может проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства? Составьте уравнения реакций взаимодействия  $\text{HNO}_2$ : а) с бромной водой, б)  $\text{HI}$ . Составьте уравнения электронного баланса этих реакций.

**348.** Какие свойства в ОВ реакциях проявляет серная кислота? Напишите уравнения реакций взаимодействия разбавленной серной кислоты с магнием и концентрированной — с медью. Укажите окислитель и восстановитель.

**349.** В каком газообразном соединении азот проявляет свою низшую степень окисления? Напишите уравнения реакций получения этого соединения:

- а) при взаимодействии хлорида аммония с гидроксидом кальция;
- б) разложением нитрида магния водой.

**350.** Почему ортофосфористая кислота способна к реакциям самоокисления – самовосстановления (диспропорционирования)? Составьте уравнение процесса разложения  $\text{H}_3\text{PO}_3$ , учитывая, что в одном из продуктов реакции фосфор имеет минимальную, а в другом — максимальную степень окисления. Составьте уравнения электронного баланса.

**351.** В каком газообразном соединении фосфор проявляет свою низшую степень окисления? Напишите уравнения реакций:

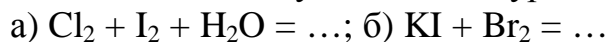
- а) получения этого соединения при взаимодействии фосфида кальция с соляной кислотой;
- б) горения его в кислороде.

**352.** Какую степень окисления проявляют мышьяк, сурьма и висмут? Какая степень окисления является более характерной для каждого из этих элементов? Составьте уравнения реакций взаимодействия:

- а) мышьяка с концентрированной азотной кислотой;
- б) висмута с концентрированной серной кислотой.

Составьте уравнения электронного баланса.

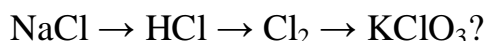
**353.** Как изменяются окислительные свойства галогенов при переходе от фтора к йоду и восстановительные свойства их отрицательно заряженных ионов? Почему? Составьте уравнения реакций:



Укажите окислитель и восстановитель. Составьте уравнения электронного баланса.

**354.** Составьте уравнения реакции, происходящей при пропускании хлора через горячий раствор гидроксида калия. К какому типу ОВ процессов относится данная реакция? Составьте уравнения электронного баланса.

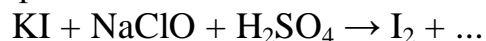
**355.** Какие реакции нужно провести для осуществления следующих превращений:



Уравнения ОВ реакций составьте методом электронного баланса.

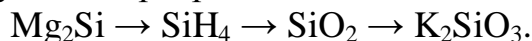
**356.** Чем отличается действие разбавленной азотной кислоты на металлы от действия соляной и разбавленной серной кислот? Что является окислителем в первом случае, что — в двух других? Приведите примеры.

**357.** Напишите формулы и назовите кислородные кислоты хлора, укажите степень окисления хлора в каждой из них. Какая из этих кислот более сильный окислитель? Коэффициенты в приведенной ниже реакции найдите методом электронного баланса:



Хлор приобретает минимальную степень окисления.

**358.** Какую степень окисления может проявлять кремний в своих соединениях? Составьте уравнения реакций, которые надо провести для осуществления следующих превращений:



При каком превращении происходит ОВ реакция?

**359.** Как получают оксид углерода (IV) в промышленности и лаборатории? Напишите уравнения соответствующих реакций и реакций, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

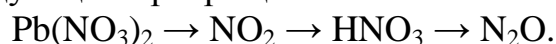


**360.** Какие из солей угольной кислоты имеют наибольшее промышленное применение? Почему в растворе  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  лакмус приобретает синий цвет? Ответ подтвердите составлением уравнения соответствующей реакции в ионном и молекулярном виде.

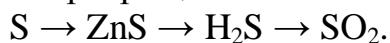
**361.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**362.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**363.** Составьте уравнения реакций, которые нужно провести для осуществления следующих превращений:



**364.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) гидроксида алюминия с использованием нитрата кобальта (образуется тенарова синь).

**365.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по аниону) хлорида натрия с использованием растворов нитрата серебра и гидроксида аммония.

**366.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по аниону) бромиды натрия с использованием растворов нитрата серебра и гидроксида аммония.

**367.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по аниону) йодида натрия с использованием растворов нитрата серебра и гидроксида аммония.

**368.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по аниону) фосфата алюминия с использованием молибдата аммония.

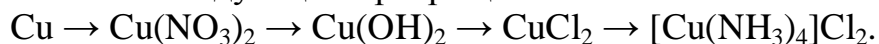
**369.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по аниону) сульфата магния с использованием гидрофосфата натрия и хлорида аммония.

**370.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности борной кислоты с использованием этанола.

## d-ЭЛЕМЕНТЫ

**371.** Серебро не взаимодействует с разбавленной серной кислотой, тогда как в концентрированной оно растворяется. Чем это можно объяснить? Составьте уравнения электронного баланса и молекулярное уравнение соответствующей реакции. Укажите окислитель и восстановитель.

**372.** Составьте уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:

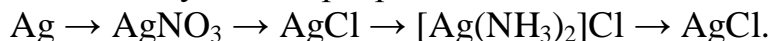


**373.** Составьте уравнения электронного баланса и молекулярные уравнения реакций взаимодействия цинка:

а) с раствором NaOH;

б) концентрированной серной кислотой (происходит восстановление серы до нулевой степени окисления).

**374.** Составьте уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:



**375.** К какому классу соединений относятся вещества, полученные при действии избытка NaOH на растворы  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CdCl}_2$ ,  $\text{HgCl}_2$ ? Составьте ионные и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

**376.** При действии на титан концентрированной соляной кислоты образуется хлорид титана (III), а при действии азотной — осадок метатитановой кислоты. Составьте уравнения электронного баланса и молекулярные уравнения соответствующих реакций.

**377.** Какую степень окисления проявляют медь, серебро и золото в соединениях? Какая степень окисления наиболее характерна для каждого из них? Иодид калия восстанавливает ионы меди со степенью окисления +2 до степени окисления +1. Составьте уравнение реакции взаимодействия KI с сульфатом меди (II).

**378.** Золото растворяется в царской водке и селеновой кислоте, приобретая при этом максимальную степень окисления. Составьте уравнения соответствующих реакций.

**379.** В присутствии влаги и оксида углерода (IV) медь окисляется и покрывается зеленым налетом. Как называется и каков состав образующегося соединения? Что произойдет, если на него подействовать соляной кислотой? Напишите уравнения соответствующих реакций.

**380.** Какую степень окисления проявляет ванадий в соединениях? Составьте формулы оксидов ванадия, отвечающих этим степеням окисления. Как изменяются КО свойства оксидов ванадия при переходе от низшей к высшей степени окисления? Составьте уравнения реакций взаимодействия  $\text{V}_2\text{O}_3$  с  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{V}_2\text{O}_5$  с NaOH.

**381.** Составьте уравнения реакций:

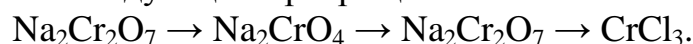
а) растворения молибдена в азотной кислоте;

б) растворения вольфрама в щелочи в присутствии кислорода.

Учтите, что молибден и вольфрам приобретают высшую степень окисления.

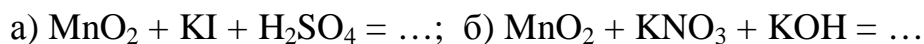
**382.** К подкисленному серной кислотой раствору дихромата калия прибавили порошок алюминия. Через некоторое время оранжевая окраска раствора изменилась на зеленую. Составьте уравнение реакции.

**383.** Составьте уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:

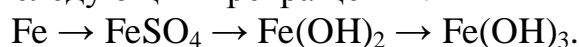


**384.** Как изменяется степень окисления марганца при восстановлении  $\text{KMnO}_4$  в кислой, нейтральной и щелочной средах? Составьте уравнение реакции взаимодействия  $\text{KMnO}_4$  с  $\text{KNO}_2$  в нейтральной среде.

**385.** Почему оксид марганца (IV) может проявлять и окислительные, и восстановительные свойства? Составьте уравнения реакций. Укажите окислитель и восстановитель.



**386.** Составьте уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:



**387.** Какие степени окисления проявляет железо в соединениях? Как можно обнаружить ионы  $\text{Fe}^{3+}$  в растворе? Составьте молекулярные и ионные уравнения соответствующих реакций.

**388.** Могут ли в растворе существовать совместно следующие вещества:  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{SnCl}_2$ ;  $\text{FeSO}_4$  и  $\text{NaOH}$ ;  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ?

Ответ подтвердите, составив уравнения соответствующих реакций.

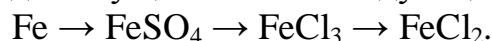
**389.** Составьте уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:



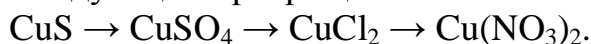
**390.** Составьте молекулярные и ионные уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:



**391.** Составьте молекулярные и ионные уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:



**392.** Составьте уравнения реакций, которые необходимо провести для осуществления следующих превращений:



**393.** В какой цвет окрашивают бесцветное пламя горелки соли меди (II)?

**394.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) сульфата железа (II) с использованием гексацианоферрата (III) калия.

**395.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) нитрата серебра с использованием тиосульфата натрия.

**396.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности (по катиону) сульфата меди (II) с использованием гексацианоферрата (II) калия.

**397.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности йодида калия (по аниону) с использованием нитрата ртути (II).

**398.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности гидроксида алюминия (по катиону) с использованием нитрата кобальта (образуется тенарова синь).

**399.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности этанола с использованием перманганата калия.

**400.** Напишите уравнения реакций, проводимых с целью установления подлинности этанола с использованием дихромата калия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Барковский, Е. В.* Современный курс химии элементов : учеб.-метод. пособие : в 2 ч. / Е. В. Барковский, А. И. Врублевский. Минск: МГМИ, 2000. Ч. 1, 2.
2. *Глинка, Н. Л.* Общая химия : учеб. пособие / Н. Л. Глинка. М. : КНОРУС, 2009.
3. *Ткачев, С. В.* Основы общей и неорганической химии : учеб.-метод. пособие / С. В. Ткачев. 9-е изд. Минск : БГМУ, 2011.
4. *Барковский, Е. В.* Основы биофизической и коллоидной химии : учеб. пособие / Е. В. Барковский. Минск : Выш. шк., 2009.
5. *Барковский, Е. В.* Основы химии биогенных элементов : учеб.-метод. пособие / Е. В. Барковский, С. В. Ткачев. Минск : Выш. шк., 2011.
6. *Методические* рекомендации и контрольные задания для студентов 1-го курса заочного отделения фармацевтического факультета по курсу «Общая и неорганическая химия» / Н. Е. Моисеева [и др.]. Омск : ОмГМА, 2004.
7. *Смолова, Л. М.* Рабочая программа, методические указания, элементы теории, вопросы для самопроверки и контрольные задания для студентов заочного отделения ИГНД / Л. М. Смолова. Томск : изд-во ТПУ, 2010.
8. *Семенов, В. Н.* Методические указания и контрольные работы по дисциплине «Химия общая и неорганическая» / В. Н. Семенов, Л. Я. Твердохлебова, Т. П. Сушкова. Воронеж : ВГУ, 2008.
9. *Общая* и неорганическая химия : программа дисциплины и контрольные задания. Орел : ОГМУ, 2009.
10. *Ахметов, Н. С.* Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов. М. : Высш. шк., 1999.
11. *Васильева, З. Г.* Лабораторные работы по общей и неорганической химии / З. Г. Васильева, А. А. Грановская, А. А. Гаперова. М., 1998.
12. *Общая* химия : учеб. для студ. мед. спец. вузов / Ю. А. Ершов [и др.]. М. : Высш. шк., 2000.
13. *Сборник* задач и упражнений по общей химии / Л. М. Романцева [и др.]. М. : Высш. шк., 1991.

### *Дополнительная литература:*

1. *Глинка, Н. Л.* Задачи и упражнения по общей химии / Н. Л. Глинка. М., 2000.
2. *Ершов, Ю. А.* Механизм токсического действия неорганических соединений / Ю. А. Ершов, Т. В. Плетнева. М. : Медицина, 1989.
3. *Карапетьянц, М. Х.* Общая и неорганическая химия / М. Х. Карапетьянц, С. И. Дракин. М. : Химия, 1981.
4. *Карапетьянц, М. Х.* Строение вещества / М. Х. Карапетьянц, С. И. Дракин. М. : Высш. шк., 1978.
5. *Кемпбелл, Дж.* Современная общая химия : в 3 т. / Дж. Кемпбелл. М. : Мир, 1975. Т. 1–3.
6. *Свиридов, В. В.* Задачи, вопросы и упражнения по общей и неорганической химии / В. В. Свиридов, Г. А. Попкович, Г. И. Васильева. Минск : БГУ, 1982.
7. *Угай, А. Я.* Общая химия / А. Я. Угай. М. : Высш. шк., 1997.
8. *Хьюз, М.* Неорганическая химия биологических процессов / М. Хьюз. М. : Мир, 1983.

**Образец оформления титульного листа контрольной работы**

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Контрольная работа  
по общей и неорганической химии**

Вариант № \_\_\_\_\_

Выполнил студент 1-го курса заочного отделения  
фармацевтического факультета

Группа № \_\_\_\_\_

Ф.И.О. \_\_\_\_\_

Зачетная книжка № \_\_\_\_\_

Проверил преподаватель

Оценка

Подпись преподавателя

Дата проверки

Минск, 2012



Таблица вариантов контрольных работ

Номер варианта	Номер контрольной работы	Номера задач
1	I	1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141, 151, 161, 171, 181, 191
	II	201, 211, 221, 231, 241, 251, 261, 271, 281, 291, 301, 311, 321, 331, 341, 351, 361, 371, 381, 391
2	I	2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82, 92, 102, 112, 122, 132, 142, 152, 162, 172, 182, 192
	II	202, 212, 222, 232, 242, 252, 262, 272, 282, 292, 302, 312, 322, 332, 342, 352, 362, 372, 382, 392
3	I	3, 13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93, 103, 113, 123, 133, 143, 153, 163, 173, 183, 193
	II	203, 213, 223, 233, 243, 253, 263, 273, 283, 293, 303, 313, 323, 333, 343, 353, 363, 373, 383, 393
4	I	4, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84, 94, 104, 114, 124, 134, 144, 154, 164, 174, 184, 194
	II	204, 214, 224, 234, 244, 254, 264, 274, 284, 294, 304, 314, 324, 334, 344, 354, 364, 374, 384, 394
5	I	5, 15, 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85, 95, 105, 115, 125, 135, 145, 155, 165, 175, 185, 195
	II	205, 215, 225, 235, 245, 255, 265, 275, 285, 295, 305, 315, 325, 335, 345, 355, 365, 375, 385, 395
6	I	6, 16, 26, 36, 46, 56, 66, 76, 86, 96, 106, 116, 126, 136, 146, 156, 166, 176, 186, 196
	II	206, 216, 226, 236, 246, 256, 266, 276, 286, 296, 306, 316, 326, 336, 346, 356, 366, 376, 386, 396
7	I	7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77, 87, 97, 107, 117, 127, 137, 147, 157, 167, 177, 187, 197
	II	207, 217, 227, 237, 247, 257, 267, 277, 287, 297, 307, 317, 327, 337, 347, 357, 367, 377, 387, 397
8	I	8, 18, 28, 38, 48, 58, 68, 78, 88, 98, 108, 118, 128, 138, 148, 158, 168, 178, 188, 198
	II	208, 218, 228, 238, 248, 258, 268, 278, 288, 298, 308, 318, 328, 338, 348, 358, 368, 378, 388, 398
9	I	9, 19, 29, 39, 49, 59, 69, 79, 89, 99, 109, 119, 129, 139, 149, 159, 169, 179, 189, 199
	II	209, 219, 229, 239, 249, 259, 269, 279, 289, 299, 309, 319, 329, 339, 349, 359, 369, 379, 389, 399
10	I	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200
	II	210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400

**Стандартные значения энтропии, энтальпии и энергии Гиббса  
образования некоторых веществ**

Вещество	$S^0(298\text{ К}), \text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$	$\Delta_f H^0(298\text{ К}), \text{ кДж/моль}$	$\Delta_f G^0(298\text{ К}), \text{ кДж/моль}$
$\text{Cl}_{2(\text{г})}$	223	0	0
$\text{F}_{2(\text{г})}$	203,3	0	0
$\text{H}_{2(\text{г})}$	130,7	0	0
$\text{O}_{2(\text{г})}$	205	0	0
$\text{O}_{3(\text{г})}$	238,8	142,3	163,2
$\text{S}_{(\text{ромб})}$	31,6	0	0
$\text{CO}_{(\text{г})}$	197,4	-110,6	-137,2
$\text{CO}_{2(\text{г})}$	213,6	-393,5	-394,3
$\text{CH}_{4(\text{г})}$	186,3	-74,81	-50,75
$\text{C}_2\text{H}_{4(\text{г})}$	219,4	52,28	68,11
$\text{HCl}_{(\text{г})}$	186,7	-92,3	-95,2
$\text{HF}_{(\text{г})}$	173,5	-268,6	-269,9
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{г})}$	188,7	-241,8	-228,6
$\text{H}_2\text{O}_{(\text{ж})}$	70,08	-285,8	-237,3
$\text{H}_2\text{O}_{2(\text{ж})}$	105,8	-187	-120,4
$\text{H}_2\text{S}_{(\text{г})}$	205,6	-20,15	-33
$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{ж})}$	156,9	-821,3	-690,1
$\text{NH}_{3(\text{г})}$	192,5	-46,19	-16,6
$\text{NO}_{(\text{г})}$	210,6	90,37	86,57
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_{4(\text{к})}$	220,3	-1179	-900,8
$\text{NO}_{2(\text{г})}$	240,4	33,89	51,84
$\text{N}_2\text{O}_{(\text{г})}$	220	81,55	103,6
$\text{SO}_{2(\text{г})}$	248,1	-296,9	-300,4
$\text{SO}_{3(\text{г})}$	256,1	-395,2	-370,4
$\text{CCl}_{4(\text{ж})}$	214	-139,3	-68,2
$\text{CaO}_{(\text{к})}$	-	-635,1	-

**Стандартные электродные потенциалы  $\varphi^0$  Me<sup>2+</sup>/Me некоторых металлов (ряд напряжений)**

Электрод	$\varphi^0$ , В	Электрод	$\varphi^0$ , В
Li <sup>+</sup> /Li	-3,045	Cd <sup>2+</sup> /Cd	-0,403
Rb <sup>+</sup> /Rb	-2,95	Co <sup>2+</sup> /Co	-0,277
K <sup>+</sup> /K	-2,924	Ni <sup>2+</sup> /Ni	-0,25
Cs <sup>+</sup> /Cs	-2,923	Sn <sup>2+</sup> /Sn	-0,136
Ba <sup>2+</sup> /Ba	-2,90	Pb <sup>2+</sup> /Pb	-0,126
Ca <sup>2+</sup> /Ca	-2,87	Fe <sup>3+</sup> /Fe	-0,037
Na <sup>+</sup> /Na	-2,714	2H <sup>+</sup> /H <sub>2</sub>	0
Mg <sup>2+</sup> /Mg	-2,37	Sb <sup>3+</sup> /Sb	+0,20
Al <sup>3+</sup> /Al	-1,7	Bi <sup>3+</sup> /Bi	+0,215
Ti <sup>2+</sup> /Ti	-1,603	Cu <sup>2+</sup> /Cu	+0,34
Zr <sup>4+</sup> /Zr	-1,58	Cu <sup>+</sup> /Cu	+0,52
Mn <sup>2+</sup> /Mn	-1,18	Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> /2Hg	+0,79
V <sup>2+</sup> /V	-1,18	Ag <sup>2+</sup> /Ag	+0,8
Cr <sup>2+</sup> /Cr	-0,913	Hg <sup>2+</sup> /Hg	+0,85
Zn <sup>2+</sup> /Zn	-0,763	Pt <sup>2+</sup> /Pt	+1,19
Cr <sup>3+</sup> /Cr	-0,74	Au <sup>3+</sup> /Au	+1,5
Fe <sup>2+</sup> /Fe	-0,44	Au <sup>+</sup> /Au	+1,7

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Содержание дисциплины «Общая и неорганическая химия» в соответствии с типовой учебной программой для высших учебных заведений по специальности 1-79 01 08 Фармация.....	3
Введение.....	3
Основные закономерности протекания химических процессов .....	3
Строение вещества.....	6
Химия элементов .....	7
Общие методические указания к контрольным работам по «Общей и неорганической химии» .....	15
Работа с книгой .....	15
Контрольные задания .....	16
Определения и формулы. Примеры решения задач.....	16
Контрольная работа № 1 .....	33
Химическая термодинамика.....	33
Химическая кинетика и равновесие.....	35
Растворы .....	39
Электролитическая диссоциация .....	41
Коллигативные свойства растворов.....	44
Гидролиз солей .....	47
Контрольная работа № 2 .....	49
Строение атома. Периодическая система элементов Д. И. Менделеева .....	49
Химическая связь и строение молекул .....	52
Окислительно-восстановительные реакции .....	54
Комплексные соединения.....	60
s-Элементы .....	62
p-Элементы.....	64
d-Элементы.....	67
Литература .....	71
Приложение 1. Образец оформления титульного листа контрольной работы .....	72
Приложение 2. Таблица вариантов контрольных работ .....	73
Приложение 3. Стандартные значения энтропии, энтальпии и энергии Гиббса образования некоторых веществ .....	74
Приложение 4. Стандартные электродные потенциалы $\varphi^0 \text{Me}^{2+}/\text{Me}$ некоторых металлов (ряд напряжений) .....	75