

Р.К. Чернова, Е.Г. Кулапина, С.В. Снесарев

**СБОРНИК ВОПРОСОВ И ЗАДАЧ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО
АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

Саратовский государственный университет имени Чернышевского

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО Саратовский государственный университет
им. Н.Г. Чернышевского

Р.К. Чернова, Е.Г. Кулапина, С.В. Снесарев

СБОРНИК ВОПРОСОВ И ЗАДАЧ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Учебное пособие

Часть 1. Вопросы по аналитической химии

Для студентов факультета nano- и биомедицинских технологий,
биологического, геологического, юридического факультетов, бакалавров.

Саратов 2011

УДК 543 (075.4)
ББК 24.4Я.73
Ч49

Ч 49 **Чернова Р.К., Кулапина Е.Г., Снесарев С.В.**

Сборник вопросов и задач для самостоятельной работы студентов по аналитической химии.: Учеб. пособие. Ч.1. Вопросы по аналитической химии. Саратов, 2011. – 37 с.

Предлагаемый сборник включает вопросы и задачи, касающиеся теории и практики наиболее важных разделов аналитической химии: метрологии химического анализа; теории ионных равновесий; общей характеристики аналитически значимых химических реакций, процессов; методов классического титриметрического анализа, физико-химических методов анализа (атомно-эмиссионного, атомно-абсорбционного, пламенной фотометрии, спектрофотометрии, электролиза и кулонометрии, потенциометрии, полярографии и амперометрии); пробоотбора и пробоподготовки; методов разделения и концентрирования.

Каждый раздел состоит из нескольких крупных вопросов, которые могут быть использованы преподавателем на семинарских занятиях, включая интерактивные формы обучения, при подготовке к тестированию, на коллоквиумах, зачетах. Подразделы содержат большое число более частных вопросов, на которые студент должен дать ответ, обратив внимание в процессе самостоятельной работы.

При составлении вопросов были использованы современные отечественные и зарубежные учебники по аналитической химии и материалы лекций.

Сборник предназначен для студентов нехимических специальностей: биологического, геологического, юридического, факультетов, факультета нано- и биомедицинских технологий, бакалавров.

Библиогр. назв. 18

Рекомендуют к печати:

Кафедра аналитической химии и химической экологии Института химии
(Саратовский государственный университет)
Доктор химических наук, профессор *С.Н. Штыков*
(Саратовский государственный университет)

УДК 543 (075.4)
ББК 24.4Я.73

Работа издана в авторской редакции

© Чернова Р.К., Кулапина Е.Г., Снесарев С.В. 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
1. ВВЕДЕНИЕ В АНАЛИТИЧЕСКУЮ ХИМИЮ.....	8
1.1. Аналитическая химия и химический анализ	8
1.2. Методы аналитической химии.....	8
1.3. Особенности анализа различных объектов	8
2. ХИМИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ИОНОВ	9
2.1. Аналитические реакции и способы их выполнения	9
2.2. Систематический и дробный способы идентификации неорганических ионов.....	9
2.3. Идентификация катионов s, p, d-элементов; анионов	9
2.4. Химическая диагностика неорганических объектов	9
3. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА. ТОЧНОСТЬ АНАЛИЗА	10
3.1. Погрешности химического анализа.....	10
3.2. Случайные погрешности	10
3.3. Систематические погрешности. Способы оценки правильности результатов анализа.....	10
4. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ.....	11
4.1. Единицы измерения количества вещества и концентрации	11
4.2. Объемная, массовая, молярная концентрации	11
4.3. Взаимосвязь между различными способами выражения концентрации растворов	11
5. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА	12
5.1. Титриметрический анализ, области его применения	12
5.2. Классификация методов титриметрии по типу реакции; по типу титранта; по спо- собу титрования.....	12
5.3. Способы приготовления титрованных растворов.....	12
5.4. . Типы кривых титрования. Способы индикации конечной точки титрования	12
5.5. Расчеты в титриметрии.....	12
6. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ	14
6.1. Типы равновесных систем, применяемых в аналитической химии.....	14
6.2. Закон действия масс и его ограничения.....	14
6.3. Идеальные и реальные системы. Поправки на «неидеальность». Теория Дебая- Хюккеля.....	14
6.4. Способы выражения констант равновесия. Конкурирующие реакции	14

6.5. Смещение химического равновесия.....	14
7. ПРОТОЛИТИЧЕСКИЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ.....	15
7.1. Современные представления о природе кислот и оснований. Протолитическая теория кислот и оснований Бренстеда-Лоури. Теория Льюиса	15
7.2. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Константы кислотности и основности сопряженной пары.	15
7.3. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Невелирующее и дифференцирующее действие растворителей	15
7.4. Гидролиз как протолитическое равновесие	15
7.5. Буферные растворы.....	15
8. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ.....	16
8.1. Общая характеристика метода. Применение в анализе	16
8.2. Исходные вещества и рабочие растворы в методе нейтрализации.....	16
8.3. Вычисление рН растворов при титровании различных кислот, оснований, солей	16
8.4. Кривые кислотно-основного титрования.....	16
8.5. Индикаторы метода нейтрализации. Интервал перехода окраски.....	16
9. РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	18
9.1. Общая характеристика комплексных соединений.....	18
9.2. Типы взаимодействий, приводящих к образованию комплексных соединений	18
9.3. Диссоциация комплексных соединений	18
9.4. Конкурирующие реакции при комплексообразовании	18
9.5. Применение комплексных соединений в анализе.....	18
10. КОМПЛЕКСОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ.....	19
10.1. Комплексометрия. Общая характеристика метода.....	19
10.2. Способы комплексометрического титрования.....	19
10.3. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним.....	19
10.4. Практическое применение комплексометрии	19
11. РАВНОВЕСИЯ В ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ. 20	
11.1. Окислительно-восстановительные реакции. Общая характеристика	20
11.2. Окислительно-восстановительные потенциалы. Уравнение Нернста	20
11.3. Влияние различных факторов на величину окислительно-восстановительных потенциалов	20
11.4. Константа равновесия реакций окисления-восстановления. Связь с величинами редокс-потенциалов	20
11.5. Применение окислительно-восстановительных реакций в анализе	20
12. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ.....	21
12.1. Характеристика кривых оксидиметрического титрования	21
12.2. Индикаторы методов окисления-восстановления.....	21
12.3. Практическое применение оксидиметрии. Перманганатометрия, хроматометрия, иодометрия.....	21
13. РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ РАСТВОР-ОСАДОК	22
13.1. Условия образования осадков.....	22
13.2. Растворимость, произведение растворимости; их взаимосвязь	22
13.3. Факторы, влияющие на растворимость.....	22

14. ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ.....	24
14.1. Общая характеристика метода. Прямая потенциометрия.....	24
14.2. Классификация электродов в потенциометрии.....	24
14.3. Ионметрия.....	24
14.4. Потенциометрическое титрование	24
15. ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ (ПОЛЯРОГРАФИЯ).....	25
15.1. Общая характеристика метода.....	25
15.2. Вольтамперная кривая. Основные параметры	25
15.3. Основные способы определения концентрации веществ в полярографии	25
15.4. Современные разновидности вольтамперометрии	25
15.5. Амперометрическое титрование.....	25
16. ЭЛЕКТРОГРАВИМЕТРИЯ.....	27
16.1. Общая характеристика метода. Законы Фарадея.	27
16.2. Напряжение разложения. Выделение металлов и водорода при электролизе	27
17. КУЛОНОМЕТРИЯ.....	27
17.1. Общая характеристика. Классификация методов кулонометрии.....	27
17.2. Кулонометрическое титрование	27
18. СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	28
18.1. Типы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом	28
18.2. Классификация спектроскопических методов анализа	28
19. АТОМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ.....	28
19.1. Строение атома и происхождение атомных спектров. Постулаты Бора.....	28
19.2. Эмиссионный спектральный анализ	28
19.3. Пламенная фотометрия.....	28
19.4. Атомно-абсорбционная спектроскопия	28
20. МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ.....	30
20.1. Взаимодействие электромагнитного излучения с молекулами вещества	30
20.2. Законы поглощения электромагнитного излучения	30
20.3. Общая характеристика фотометрии и спектрофотометрии. Погрешности спектро- фотометрических определений.....	30
20.4. Способы определения концентрации вещества в спектрофотометрии	30
21. ПРОБА. ПРОБООТБОР.....	32
21.1. Проба и образец.....	32
21.2. Способы отбора проб от гомогенных и гетерогенных сред, сырьевых материалов, изделий из сплавов и сталей.....	32
21.3. Подготовка представительной пробы твердых сегрегированных веществ. лабора- торная проба.....	32
21.4. Особенности пробоотбора объектов окружающей среды.....	32
21.5. Растворение пробы малорастворимых веществ (минералов)	33
21.6. Разложение сплавлением.....	33
21.7. Минерализация проб органических соединений	33

22. МЕТОДЫ ПРОБОПОДГОТОВКИ. РАЗДЕЛЕНИЕ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ .	34
22.1. Принципы классификации методов разделения и концентрирования	34
22.2. Количественные характеристики разделения и концентрирования (степень извлечения, коэффициент концентрирования, коэффициент разделения)	34
23. ЭКСТРАКЦИЯ КАК МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ.....	35
23.1. Общая характеристика экстракции. Классификация экстракционных процессов	35
23.2. Количественное описание экстракционных процессов	35
24. ХРОМАТОГРАФИЯ КАК МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДА.....	35
24.1. Классификация вариантов хроматографии: по природе контактирующих фаз, процессов, лежащих в основе разделения; технике проведения процесса	35
24.2. Способы получения хроматограмм (элюентный, вытеснительный, фронтальный)	35
24.3. Количественные характеристики хроматограмм	35
24.4. Газовая хроматография. Общая характеристика метода. Классификация	36
24.5. Жидкостная хроматография. Классификация методов	36
24.6. Ионообменная хроматография.....	36
24.7. Плоскостная хроматография. Общая характеристика метода	36
<i>Библиографический список</i>	37

ПРЕДИСЛОВИЕ

Аналитическая химия имеет огромное практическое значение в жизни общества. Она создает средства для химического анализа и обеспечивает его осуществление - в этом ее главное предназначение. Без эффективного химического анализа невозможно функционирование различных отраслей промышленного и сельскохозяйственного производств, систем охраны природы и здоровья населения, оборонного комплекса, развитие многих смежных областей знаний.

Научная основа химического анализа - аналитическая химия, наука, которая в течение столетий была разделом, а иногда и основной частью химии. В последнее время эта наука в значительной мере изменилась: возросли ее возможности, расширились области, которые она охватывает.

Программа курса аналитической химии включает теоретические вопросы по различным проблемам. Теоретический материал закрепляется при проведении лабораторных работ, большая часть которых предусматривает введение инновационных методов.

Для самостоятельной работы студентов авторами настоящего пособия составлены вопросы и задачи в соответствии с программой курса по аналитической химии. Пособие включает разделы по общим теоретическим основам, химическим, физико-химическим методам анализа, методам пробоподготовки, разделения и концентрирования веществ. Уделено внимание обработке результатов измерений и представлению результатов вычислений.

Каждый раздел состоит из нескольких крупных вопросов, которые могут быть использованы преподавателем на семинарских занятиях, включая интерактивные формы обучения, при подготовке к тестированию, на коллоквиумах, зачетах. Подразделы содержат большое число более частных вопросов, на которые студент должен обратить внимание в процессе самостоятельной работы. При составлении вопросов были использованы современные отечественные и зарубежные учебники по аналитической химии и материалы лекций.

Сборник вопросов и задач предназначается студентам нехимических специальностей классических университетов, бакалаврам.

1. ВВЕДЕНИЕ В АНАЛИТИЧЕСКУЮ ХИМИЮ

1.1. Аналитическая химия и химический анализ

1.2. Методы аналитической химии

1.3. Особенности анализа различных объектов

- 1.1.1. Дайте определение аналитической химии как науки. Ее предмет, цели, задачи. Раскройте смысловое значение терминов «аналитика», «аналитикум», «химическая диагностика веществ и материалов».
- 1.1.2. Как связана наука «аналитическая химия» с жизнью современного общества (наукой, производством, окружающей средой, медициной, качеством жизни)?
- 1.1.3. Определите основные аналитические задачи (обнаружение, идентификация, определение, тестирование веществ).
- 1.1.4. Дайте определение понятия «химический анализ», подчеркните отличие химического анализа от аналитической химии.
- 1.1.5. Дайте определение понятиям «метод» и «методика». По каким принципам классифицируют методы аналитической химии (химические, физические, биологические). Соотношение химических и физических методов анализа. Условность классификации.
- 1.2.6. Метод и методика. Метрологические параметры методики: продолжительность, трудоемкость, стоимость, приборное обеспечение.
- 1.2.7. Аналитический сигнал и способы его выражения.
- 1.2.8. Методы анализа: «абсолютные» и безэталоновые «относительные» (использующие образцы сравнения).
- 1.3.9. Классификация объектов анализа (твердые, жидкие, газообразные, плазма; макро- и микро-; органические и неорганические; близкие и удаленные).
- 1.3.10. Основные группы анализируемых объектов:
 - металлы и сплавы,
 - чистые вещества,
 - геологические объекты,
 - объекты окружающей среды и сточные воды,
 - органические и биологические объекты,
 - ядовитые вещества.

2. ХИМИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ИОНОВ

2.1. Аналитические реакции и способы их выполнения

2.2. Систематический и дробный способы идентификации неорганических ионов

2.3. Идентификация катионов *s*, *p*, *d*-элементов; анионов

2.4. Химическая диагностика неорганических объектов

2.1.1. Понятие об аналитическом сигнале.

2.1.2. Аналитические реакции, их основные характеристики: диапазон определяемых содержаний, нижняя граница определяемых содержаний, селективность, чувствительность.

2.1.3. Какие Вы знаете способы уменьшения нижней границы определяемых содержаний аналитической реакции?

2.1.4. Назовите важнейшие приемы повышения селективности аналитической реакции.

2.1.5. Способы выполнения аналитических реакций в растворах (капельные, пирохимические, микрокристаллоскопические, растирания порошков).

2.2.6. Химические способы обнаружения неорганических ионов: систематический ход анализа катионов (сущность, возможности и ограничения, значение в современном анализе. Дробный ход анализа ионов (сущность, возможности и ограничения).

2.2.7. Общие реакции *s*-, *p*-, *d*-элементов (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+}).

2.2.8. Составьте схемы отделения мешающих ионов с помощью общих реагентов (NaOH , NH_4OH , Na_2CO_3 и др.).

2.3.9. Характерные реакции *s*-элементов (NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+}).

2.3.10. Характерные реакции *p*-элементов (Al^{3+} , Pb^{2+}).

2.3.11. Характерные реакции *d*-элементов (Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+}).

2.3.12. Алгоритмы дробного обнаружения катионов.

2.3.13. Предварительные реакции на анионы.

2.3.14. Изобразите уравнениями реакций ход анализа смеси анионов: J^- , Cl^- .

2.3.15. Изобразите уравнениями реакций ход анализа смеси анионов: CO_3^{2-} , SO_4^{2-} .

2.3.16. Какие анионы не могут находиться в кислом растворе?

2.3.17. Обнаружение анионов NO_2^- и NO_3^- при совместном присутствии.

2.3.18. Почему анализу анионов мешают катионы тяжелых металлов? Как от них освободиться?

2.3.19. Алгоритмы дробного обнаружения анионов.

- 2.4.20. Качественный химический анализ искусственной смеси твердых веществ (солей, оксидов): предварительные испытания, обнаружение анионов, способных при действии кислот образовывать летучие продукты, детальное обнаружение некоторых ионов.
- 2.4.21. Как проводится растворение твердых образцов (водная, уксуснокислая, солянокислая, азотнокислая вытяжки, обработка царской водкой, щелочная и аммиачная вытяжки)?
- 2.4.22. Проведение качественного химического анализа сплавов в зависимости от их типа: алюминиевых, магниевых, железных, медных и др.
- 2.4.23. Качественный химический анализ минералов: природных солей, карбонатов, фосфатов, боратов, сульфидов, сульфатов и др.

3. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА.

ТОЧНОСТЬ АНАЛИЗА

3.1. Погрешности химического анализа

3.2. Случайные погрешности

3.3. Систематические погрешности. Способы оценки правильности результатов анализа

- 3.1.1. Значащие цифры. Представление результатов анализа с помощью значащих цифр.
- 3.1.2. Запись чисел в нормализованном виде. Примеры.
- 3.1.3. Понятие точности (надежности), правильности и прецизионности результатов измерений в анализе.
- 3.1.4. Сходимость и воспроизводимость результатов анализа.
- 3.1.5. Погрешности систематические и случайные.
- 3.1.6. Способы снижения величин систематических и случайных погрешностей (релятивизация, рандомизация).
- 3.2.7. Способ нахождения величины доверительного интервала (коэффициент Стьюдента, дисперсия, стандартное отклонение, доверительная вероятность, случайная выборка и генеральная совокупность).
- 3.2.8. Доверительный интервал и случайная погрешность результатов анализа.
- 3.2.9. Статистическая обработка результатов анализа как способ оценки величины случайной погрешности.
- 3.2.10. Как можно уменьшить влияние случайных погрешностей на результат анализа?

- 3.2.11. Что такое степень свободы ($n - 1$)?
- 3.2.12. Влияние числа измерений на величину вероятной погрешности среднего результата.
- 3.2.13. От каких факторов зависит коэффициент Стьюдента?
- 3.2.14. Проведите статистическую обработку результатов измерений на выбранном Вами примере.
- 3.3.15. Способы выявления наличия систематических погрешностей (проверка правильности результатов анализа).
- 3.3.16. Эталоны химического состава (стандартные образцы, химические реактивы).
- 3.3.17. Контроль правильности по стандартным образцам.
- 3.3.18. Контроль правильности методом «введено-найдено».
- 3.3.19. Контроль правильности сравнением с результатом, полученным другим методом.
- 3.3.20. Контроль правильности с применением синтетических смесей.

4. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ

4.1. Единицы измерения количества вещества и концентрации

4.2. Объемная, массовая, молярная концентрации

4.3. Взаимосвязь между различными способами выражения концентрации растворов

- 4.1.1. Дайте определение понятия «концентрация».
- 4.1.2. Объемная, массовая, молярная доли компонента.
- 4.1.3. Массовая концентрация компонента (молярная, титр и др.).
- 4.1.4. Молярная концентрация раствора.
- 4.2.3. Дайте определение понятия «моль».
- 4.2.4. Дайте определение и назовите отличительные особенности понятий: «молярная масса» (M) и «относительная молекулярная масса» (M_r).
- 4.2.5. Что такое молярная концентрация вещества?
- 4.2.6. Что такое молярная концентрация эквивалента вещества (нормальная концентрация)? Как она обозначается?
- 4.2.7. Дайте определение понятию «фактор эквивалентности» и «число эквивалентности».
- 4.2.8. Как читается закон эквивалентности?

- 4.2.9. Может ли быть «нормальная» концентрация больше (меньше, равной) молярной? Почему?
- 4.2.10. Что означают записи: $C(\text{SO}_4^{2-})$; $C(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,5 \text{ M}$; $C(1/5 \text{ KMnO}_4)$?
- 4.3.11. Молярные и нормальные растворы. Как пересчитать молярную концентрацию на нормальную и обратно?
- 4.3.12. Что такое титр раствора? Как рассчитать титр раствора, если известна его нормальность?
- 4.3.13. Как перейти от массовой концентрации к молярной или нормальной?
- 4.3.14. Вычисление объема концентрированной кислоты, требуемый для приготовления определенного объема раствора с заданной нормальностью. Приведите произвольный расчет.
- 4.3.15. Какая связь существует между нормальностями и объемами растворов двух реагирующих веществ?

5. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

5.1. Титриметрический анализ, области его применения

5.2. Классификация методов титриметрии по типу реакции; по типу титранта; по способу титрования

5.3. Способы приготовления титрованных растворов

5.4. Типы кривых титрования. Способы индикации конечной точки титрования

5.5. Расчеты в титриметрии

- 5.1.1. Дайте определение титриметрии.
- 5.1.2. Назовите основные достоинства, недостатки, области применения титриметрического метода.
- 5.1.3. Основные требования, предъявляемые к реакциям в титриметрии (полнота протекания, стехиометрический состав продуктов реакции, большая скорость и др.).
- 5.2.4. Прямое и обратное титрование.
- 5.2.5. Титрование по способу замещения.
- 5.3.6. Какие растворы называют титрованными (стандартными, рабочими)?
- 5.3.7. Для каких веществ стандартные растворы могут быть приготовлены по точной навеске? Приведите примеры.

- 5.3.8. Первичные стандартные (исходные) вещества. Требования, предъявляемые к ним.
- 5.3.9. Вторичные стандартные растворы. Способы их приготовления.
- 5.3.10. Установление точной концентрации вторичных стандартных растворов.
- 5.3.11. Стандартные образцы. Почему выгодно устанавливать титры рабочих растворов по стандартным образцам?
- 5.3.12. Фиксаналы. Приготовление титрованных растворов из фиксаналов.
- 5.3.13. Титриметрические определения по способу пипетирования; по способу отдельных навесок.
- 5.3.14. Дайте определение принятых в титриметрическом анализе единиц емкости.
- 5.3.15. Сосуды, употребляемые в титриметрическом анализе для точного измерения объемов.
- 5.3.16. Как следует мыть стеклянную посуду?
- 5.3.17. Почему бюретки и пипетки необходимо перед употреблением ополаскивать тем раствором, которым их будут наполнять? Можно ли так поступать с мерными колбами?
- 5.3.18. Как правильно заполнять бюретку раствором; сделать отсчет объема по бюретке?
- 5.3.19. Для каких целей используются в титриметрии мерные колбы? Как правильно наполнить мерную колбу?
- 5.3.20. Пригодны ли для точного измерения объемов мерные цилиндры?
- 5.3.21. Как осуществляется проверка калибрования мерных колб? Пипеток? Бюреток?
- 5.4.22. Логарифмические, линейные, дифференциальные кривые титрования.
- 5.4.23. Какую информацию о процессе могут дать кривые титрования?
- 5.4.24. Точка эквивалентности. Каким образом можно ее зафиксировать?
- 5.4.25. Конечная точка титрования. Обязательно ли совпадение конечной точки с точкой эквивалентности?
- 5.4.26. Индикаторы.
- 5.4.27. Показатель титрования (pT) индикатора.
- 5.5.28. Приведите основные уравнения для расчетов в титриметрическом анализе.
- 5.5.29. Приведите примеры вычислений при разбавлении растворов от одной нормальности к другой или от одной массовой концентрации к другой?
- 5.5.30. Как рассчитать концентрацию раствора титранта при его стандартизации; массу вещества А в граммах (мг); массовую долю вещества А в пробе (% А) по результатам титрования?

6. ХИМИЧЕСКОЕ РАВНОВЕСИЕ

6.1. Типы равновесных систем, применяемых в аналитической химии

6.2. Закон действия масс и его ограничения

6.3. Идеальные и реальные системы. Поправки на «неидеальность».

Теория Дебая-Хюккеля

6.4. Способы выражения констант равновесия. Конкурирующие реакции

6.5. Смещение химического равновесия

- 6.1.1. Сильные и слабые электролиты. Поведение в водных растворах.
- 6.1.2. Реакции обратимые и необратимые.
- 6.2.3. Закон действия масс.
- 6.2.4. Константа равновесия химической реакции.
- 6.2.5. Скорость химической реакции.
- 6.2.6. Факторы, влияющие на скорость химической реакции.
- 6.2.7. Степень диссоциации слабых электролитов. Какие факторы на нее влияют?
- 6.2.8. Константа диссоциации слабых электролитов.
- 6.3.9. Связь степени и константы диссоциации слабых электролитов.
- 6.3.10. Активность иона. Имеет ли она размерность?
- 6.3.11. Ионная сила раствора. Приведите формулу для ее расчета.
- 6.3.12. Коэффициент активности иона. Средний (усредненный) коэффициент активности иона. Факторы, влияющие на коэффициент активности.
- 6.4.13. Термодинамическая константа равновесия. От каких факторов зависит ее величина?
- 6.4.14. Концентрационная константа равновесия. Факторы, влияющие на ее величину.
- 6.4.15. Связь термодинамической и концентрационной констант равновесия.
- 6.4.16. Побочные (конкурирующие) реакции. Приведите примеры побочных реакций.
- 6.4.17. Коэффициент побочной реакции. Как он рассчитывается?
- 6.4.18. Условная (кажущаяся) константа равновесия. Какие факторы влияют на ее величину?
- 6.4.19. Связь термодинамической, концентрационной и условной констант равновесия.
- 6.4.20. Смещение химического равновесия.

7. ПРОТОЛИТИЧЕСКИЕ РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ

7.1. Современные представления о природе кислот и оснований в водных и неводных растворах. Протолитическая теория кислот и оснований Бренстеда-Лоури. Теория Льюиса

7.2. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Константы кислотности и основности сопряженной пары

7.3. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания.

Нивелирующее и дифференцирующее действие растворителей.

7.4. Гидролиз как протолитическое равновесие

7.5. Буферные растворы

7.1.1. Сформулируйте основные положения протолитической теории Аррениуса. В чем ее недостатки?

7.1.2. Дайте определение кислоты и основания по теории Бренстеда-Лоури.

7.1.3. Сопряженная кислотно-основная пара.

7.1.4. Какие вещества называются амфипротными (амфолитами)?

7.1.5. Приведите примеры кислот, оснований и амфолитов согласно теории Бренстеда-Лоури.

7.2.6. Что такое кислотно-основная реакция? Приведите примеры.

7.2.7. Какова роль растворителя в проявлении кислотных или основных свойств веществ?

7.2.8. Дайте определение протогенных, протофильных, амфипротных и апротонных растворителей. Приведите примеры.

7.2.9. Напишите реакции, отражающие взаимодействие веществ с амфипротными растворителями.

7.2.10. Автопротолиз. Константа автопротолиза.

7.2.11. Ионное произведение воды. Факторы, влияющие на его величину.

7.2.12. Водородный и гидроксильный показатели.

7.2.13. Константа кислотности (основности) сопряженной пары.

7.2.14. Как связаны константы кислотности и основности вещества?

7.3.15. Влияние природы растворителя на силу кислот и оснований.

7.3.16. В чем заключается нивелирующее и дифференцирующее действие растворителей?

7.3.17. В каком растворителе можно различить по силе HCl и HClO₄, NaOH и KOH?

7.3.18. В каком растворителе CH₃COOH ведет себя как сильная кислота?

7.3.19. Вычисление pH в растворах сильных одноосновных кислот, сильных многоосновных кислот, слабых одноосновных кислот, слабых

многоосновных кислот.

- 7.3.20. Выведите формулы для вычисления рН растворов сильных и слабых одно- и многоосновных оснований.
- 7.3.21. Рассчитайте рН 0,1 М растворов HCl; CH₃COOH; 0,1 М растворов NaOH, NH₄OH; 0,1 М раствора H₃PO₄.
- 7.4.22. Почему гидролиз следует рассматривать как кислотно-основной процесс?
- 7.4.23. Константа и степень гидролиза. Какие факторы влияют на степень гидролиза?
- 7.4.24. Как протекает гидролиз солей Na₃PO₄ и AlCl₃? Напишите реакции.
- 7.4.25. Выведите формулу для расчета рН растворов гидролизованных солей.
- 7.4.26. Выведите формулу и рассчитайте рН в растворе NaH₂PO₄.
- 7.4.27. Раствор какой соли будет иметь большую величину рН: ацетат натрия или цианид калия? Приведите расчеты.
- 7.4.28. Как следует хранить растворы легко гидролизующихся солей?
- 7.4.29. Применение реакций гидролиза в анализе.
- 7.4.30. Способ подавления гидролиза солей при приготовлении растворов, проведение аналитических процедур.
- 7.4.31. Какие условия способствуют усилению гидролиза?
- 7.4.32. Когда требуется усилить гидролиз в процессе анализа? Приведите примеры.
- 7.5.33. Буферные растворы, их применение в анализе.
- 7.5.34. Каков механизм буферного действия?
- 7.5.35. Выведите формулу для расчета рН буферных растворов.
- 7.5.36. Буферная емкость. От каких факторов она зависит?
- 7.5.37. Объясните, почему растворы кислых солей обладают буферным действием.
- 7.5.38. Как объяснить буферное действие растворов (NH₄)₂CO₃, (NH₄)₂S?

8. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ ТИТРОВАНИЕ

8.1. Общая характеристика метода. Применение в анализе

8.2. Исходные вещества и рабочие растворы в методе нейтрализации

8.3. Вычисление рН растворов при титровании различных кислот, оснований, солей

8.4. Кривые кислотно-основного титрования

8.5. Индикаторы метода нейтрализации. Интервал перехода окраски

- 8.1.1. В чем сущность метода нейтрализации? Точность метода. Области применения.
- 8.1.2. Какие вещества могут быть определены по методу кислотно-основного титрования?
- 8.1.3. Что такое ацидиметрия, алкалиметрия?
- 8.2.4. Назовите основные рабочие растворы в методе нейтрализации.
- 8.2.5. Способы приготовления рабочих растворов кислот. По каким исходным веществам устанавливается их нормальность?
- 8.2.6. Как приготовить рабочие растворы щелочей? По каким исходным веществам устанавливается их нормальность?
- 8.2.7. Почему при приготовлении рабочего раствора щелочи его очищают от примеси карбоната?
- 8.2.8. Как приготовить стандартный раствор карбоната натрия?
- 8.3.9. Вычисление концентраций ионов водорода в водных растворах сильных кислот и оснований.
- 8.3.10. Расчет pH в растворах слабых кислот, слабых оснований.
- 8.4.11. Как графически изобразить процесс нейтрализации?
- 8.4.12. Скачок титрования. От каких факторов зависит величина скачка на кривых кислотно-основного титрования?
- 8.4.13. Дифференциальные кривые титрования.
- 8.4.14. Рассчитайте и постройте кривую титрования 0,1 н раствора HCl 0,1 н раствором KOH (и обратно).
- 8.4.15. Вычислите pH и постройте кривую титрования 0,1 н раствора NH₄OH 0,1 н раствором HCl; 0,1 н раствора HCOOH 0,1 н раствором NaOH. С какими индикаторами можно провести данные определения?
- 8.4.16. В каких случаях точка эквивалентности не совпадает с точкой нейтрализации?
- 8.4.17. Кривые титрования многоосновных кислот.
- 8.4.18. В каких случаях возможно титрование смеси кислот?
- 8.4.19. Постройте кривую титрования Na₂CO₃ раствором хлористоводородной кислоты. Приведите формулы для расчета pH в обеих точках эквивалентности.
- 8.4.20. Соли каких кислот могут быть определены методом кислотно-основного титрования?
- 8.5.22. Какие требования предъявляются к индикаторам кислотно-основного титрования? Перечислите индикаторы, используемые в методе нейтрализации.
- 8.5.23. С чем связано изменение окраски кислотно-основных индикаторов?
- 8.5.24. Какие индикаторы называются одно- и двухцветными?
- 8.5.25. Что такое кажущаяся константа диссоциации индикатора, показатель индикатора?
- 8.5.26. Выведите формулу для интервала перехода окраски индикатора.

- 8.5.27. Назовите интервалы рН, в которых происходит изменение окраски важнейших кислотно-основных индикаторов.
- 8.5.28. Приведите значение показателя титрования (рТ) для фенолфталеина, метилового оранжевого, лакмуса.
- 8.5.29. Индикаторные ошибки титрования (белковая, солевая, водородная, гидроксильная, кислотная, основная).
- 8.5.30. Смешанные индикаторы. В чем их преимущества?
- 8.5.31. Что такое раствор свидетеля? В каких случаях им пользуются?

9. РАВНОВЕСИЯ В РАСТВОРАХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

9.1. Общая характеристика комплексных соединений

9.2. Типы взаимодействий, приводящих к образованию комплексных соединений

9.3. Диссоциация комплексных соединений

9.4. Конкурирующие реакции при комплексообразовании

9.5. Применение комплексных соединений в анализе

- 9.1.1. Дайте определение комплексного (координационного) соединения.
- 9.1.2. Типы центральных атомов – комплексообразователей.
- 9.1.3. Типы лигандов.
- 9.2.4. Типы взаимодействий, приводящих к образованию комплексных соединений.
- 9.2.5. Внутрикомплексные соединения, примеры.
- 9.2.6. Внутрисферные комплексные соединения, примеры.
- 9.2.7. Внешнесферные комплексные соединения (ионные пары), примеры.
- 9.2.8. Как классифицируют комплексные соединения по однородности лиганда или центрального иона?
- 9.2.10. Какие равновесия имеют место в растворах комплексных соединений?
- 9.3.11. Диссоциация комплексных соединений.
- 9.3.12. Общая и ступенчатая константы устойчивости комплексных соединений.
- 9.3.13. Константы образования комплексных соединений.
- 9.4.14. Какими способами можно: подавить диссоциацию комплексных соединений, увеличить их диссоциацию?

- 9.4.15. Влияние комплексообразования на растворимость осадков солей сильных кислот (AgCl , AgI , BaSO_4).
- 9.4.16. Влияние комплексообразования на величину окислительно-восстановительного потенциала, направление реакций окисления-восстановления.
- 9.5.17. Приведите примеры применения реакций комплексообразования для обнаружения и определения катионов и анионов.
- 9.5.18. Приведите примеры применения реакций комплексообразования для маскирования и разделения ионов.

10. КОМПЛЕКСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ТИТРОВАНИЕ

10.1. Комплексонометрия. Общая характеристика метода

10.2. Способы комплексонометрического титрования

10.3. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним

10.4. Практическое применение комплексонометрии

- 10.1.1. Какие требования предъявляются к реакциям комплексообразования, применяемым в титриметрии?
- 10.1.2. Что такое комплексоны? Приведите формулы простейших комплексонов (иминодиуксусной, нитрилотриуксусной, этилендиаминтетрауксусной кислот).
- 10.1.3. Какие из комплексонов имеют наибольшее практическое значение?
- 10.1.4. Приведите схему диссоциации этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА).
- 10.1.5. Взаимодействие ЭДТА с двух-, трех- и четырехзарядными ионами металлов. Приведите уравнения реакций.
- 10.1.6. Какого типа соединения являются продуктами взаимодействия ЭДТА с ионами металлов? Изобразите их строение.
- 10.1.7. Чему равна молярная масса эквивалента ионов металлов при комплексонометрических (хелатометрических) определениях?
- 10.1.8. Каким показателем характеризуется прочность комплексов металлов с ЭДТА?
- 10.1.9. Почему комплексоны трехзарядных катионов отличаются большей прочностью по сравнению с таковыми для двухзарядных катионов?

- 10.1.10. Существует ли связь и какая между устойчивостью комплексонов и рН среды?
- 10.2.11. Прямое хелатометрическое титрование.
- 10.2.12. Как осуществляется обратное комплексонометрическое титрование? В каких случаях его применяют?
- 10.2.13. На чем основано титрование по способу замещения?
- 10.2.14. Косвенное комплексонометрическое титрование. Какие ионы определяются этим способом?
- 10.2.15. Металлохромные индикаторы. Механизм их действия.
- 10.2.16. Требования, предъявляемые к индикаторам в комплексонометрии.
- 10.3.17. Комплексонометрическое определение общей жесткости воды. Какое значение имеет величина рН раствора?
- 10.3.18. Какой индикатор используется при определении общей жесткости воды? Переход окраски индикатора в точке эквивалентности.
- 10.3.19. Как выражают жесткость воды? Рассчитайте общую жесткость воды по результатам комплексонометрического титрования.
- 10.4.20. Применение комплексонометрии для определения ионов двух-, трех-, четырех зарядных ионов металлов. Приведите примеры.

11. РАВНОВЕСИЯ В ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

11.1. Окислительно-восстановительные реакции. Общая характеристика.

11.2. Окислительно-восстановительные потенциалы. Уравнение Нернста.

11.3. Влияние различных факторов на величину окислительно-восстановительных потенциалов.

11.4. Константа равновесия реакций окисления-восстановления. Связь с величинами редокс-потенциалов

11.5. Применение окислительно-восстановительных реакций в анализе

11.1.1. В чем особенности окислительно-восстановительных реакций?

11.1.2. Какой процесс называют окислением, восстановлением?

11.1.3. Важнейшие окислители и восстановители.

11.1.4. Межмолекулярные и внутримолекулярные окислительно-восстановительные процессы.

11.1.5. Составление уравнений окислительно-восстановительных реакций.

- 11.1.6. Сопряженные окислительно-восстановительные пары.
- 11.2.7. Чем определяется «сила» окислителя, восстановителя?
- 11.2.8. От каких факторов зависит величина редокс-потенциала?
- 11.3.9. Влияние кислотности среды на величину окислительно-восстановительного (редокс) потенциала. Приведите примеры.
- 11.3.10. Изменится ли потенциал системы, если в раствор ввести реагент, связывающий восстановленную (окисленную) форму в прочное комплексное соединение?
- 11.3.11. Влияние ионной силы раствора на окислительно-восстановительный потенциал системы.
- 11.3.12. Как определить направление окислительно-восстановительной реакции по величинам редокс-потенциалов?
- 11.4.13. Константа равновесия реакций окисления-восстановления. Связь с величинами редокс-потенциалов.
- 11.4.14. Каким образом можно сдвинуть равновесие окислительно-восстановительных процессов или изменить направление на обратное?
- 11.4.15. Какой практический вывод можно сделать, исходя из величины константы равновесия?

12. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЕ ТИТРОВАНИЕ

12.1. Характеристика кривых оксидиметрического титрования

12.2. Индикаторы методов окисления-восстановления

12.3. Практическое применение оксидиметрии. Перманганометрия, хроматометрия, иодометрия

- 12.1.1. Кривые оксидиметрического титрования: в каких координатах они строятся?
- 12.1.2. Параметры, влияющие на величину скачка оксидиметрических кривых титрования.
- 12.2.3. В каких случаях можно провести окислительно-восстановительное титрование без индикатора?
- 12.2.4. Назовите специфические индикаторы. В каких методах они используются?
- 12.2.5. Назовите важнейшие обратимые окислительно-восстановительные индикаторы. На чем основан механизм их действия?
- 12.2.6. Интервал перехода окраски окислительно-восстановительных индикаторов.

- 12.2.7. На чем основано действие необратимых индикаторов?
- 12.3.8. Приведите уравнения реакций окисления перманганатом калия в кислой среде, в щелочной (или нейтральной) среде? Чему равны молярные массы эквивалентов KMnO_4 при этом?
- 12.3.9. Почему перманганатометрические определения возможны без применения индикаторов?
- 12.3.10. Сущность хроматометрии.
- 12.3.11. Чему равна молярная масса эквивалента бихромата калия?
- 12.3.12. В чем преимущества бихромата калия как окислителя перед перманганатом калия, в чем он уступает перманганату калия?
- 12.3.13. Какие индикаторы могут быть использованы для бихроматометрического определения железа (II)?
- 12.3.14. Напишите уравнение реакции, протекающей при бихроматометрическом определении железа (II) в солях.
- 12.3.15. В чем сущность йодометрии?
- 12.3.16. Охарактеризуйте пару $\text{I}_2/2\text{I}^-$ в соответствии с ее положением в таблице стандартных потенциалов и возможностью применения в анализе.
- 12.3.17. На чем основано йодометрическое определение восстановителей?
- 12.3.18. Какова роль кислотности при взаимодействии йода с тиосульфатом натрия? Чему равен эквивалент иона тиосульфата?
- 12.3.19. На чем основано йодометрическое определение окислителей? Какие окислители могут быть определены йодометрически?
- 12.3.20. Почему при йодометрическом определении окислителей употребляют значительный избыток KI ?
- 12.3.21. Напишите уравнения реакций, используемых для йодометрического определения меди.

13. РАВНОВЕСИЕ В СИСТЕМЕ РАСТВОР-ОСАДОК

13.1. Условия образования осадков

13.2. Растворимость, произведение растворимости; их взаимосвязь

13.3. Факторы, влияющие на растворимость

- 13.1.1. Сформулируйте условия образования осадков.
- 13.1.2. Дайте общую схему образования осадка.
- 13.1.3. Каково влияние степени пересыщения на структуру и дисперсность осадка?

- 13.1.4. От каких факторов зависит образование кристаллического или аморфного осадка?
- 13.1.5. Скорость агрегации, скорость образования центров кристаллизации. Как влияет соотношение этих скоростей на структуру осадка?
- 13.1.6. Каким образом форма осадка зависит от его растворимости и концентрации осаждаемого иона?
- 13.1.7. Условия получения кристаллических осадков, аморфных осадков.
- 13.1.8. Сущность метода возникающих реагентов (осаждение из гомогенного раствора).
- 13.1.9. Какими способами можно осуществить осаждение из гомогенного раствора? Приведите примеры.
- 13.1.10. Преимущество метода возникающих реагентов перед обычным осаждением.
- 13.2.11. Дайте определение гетерогенной системы. Что такое фаза?
- 13.2.12. Какие типы гетерогенных систем известны?
- 13.2.13. Дайте определения понятий «растворимость» и «произведение растворимости».
- 13.2.14. Приведите вывод правила произведения растворимости K_s (ПР).
- 13.2.15. Почему правило K_s применимо только к малорастворимым электролитам?
- 13.2.16. Термодинамическое произведение растворимости K_s^T . От каких факторов оно зависит?
- 13.2.17. Концентрационное произведение растворимости K_s^C . От каких факторов оно зависит?
- 13.2.18. Условное произведение растворимости K_s^y . От каких факторов оно зависит?
- 13.2.19. Связь между термодинамической, концентрационной и условной константами K_s ?
- 13.2.20. Связь растворимости с величиной K_s .
- 13.2.21. Вычисление K_s по известной растворимости. Приведите примеры.
- 13.2.22. Приведите вывод формулы для расчета растворимости малорастворимого соединения $K_t m A_n$ по значению K_s^T .
- 13.3.23. Конкурирующие реакции в системе раствор-осадок.
- 13.3.24. Влияние одноименных ионов, сильных электролитов, процессов комплексообразования на растворимость малорастворимых соединений.
- 13.3.25. Рассмотрите пример связывания одного из ионов над осадком в слабый электролит. Как этот процесс влияет на растворимость осадка?
- 13.3.26. Как влияет на растворимость осадка связывание иона металла в комплексное соединение?
- 13.3.27. В каких случаях следует учитывать ионную силу раствора?
- 13.3.28. «Солевой эффект».

- 13.3.29. Влияние рН раствора на растворимость малорастворимых соединений.
- 13.3.30. Как объяснить возможность или невозможность растворения малорастворимого соединения в кислотах (щелочах)?
- 13.3.31. Какие величины необходимо знать для расчета растворимости осадков в кислотах?
- 13.3.32. Можно ли дать сравнительную характеристику растворимости осадков различного стехиометрического состава, пользуясь величинами K_s ?

14. ПОТЕНЦИОМЕТРИЯ

14.1. Общая характеристика метода. Прямая потенциометрия

14.2. Классификация электродов в потенциометрии

14.3. Ионметрия

14.4. Потенциометрическое титрование

- 14.1.1. С чем связано возникновение потенциала в системах: металл-вода, металл-раствор соли металла?
- 14.1.2. Какие процессы ответственны за возникновение потенциала на границе раздела металл-раствор?
- 14.1.3. Электродный потенциал (равновесный, нормальный, формальный).
- 14.1.4. Возможности и недостатки прямой потенциометрии.
- 14.2.5. Приведите классификацию электродов в потенциометрии (электронно-, ионообменные, индикаторные, электроды сравнения).
- 14.2.6. Приведите примеры электродов I, II и III рода.
- 14.2.7. Поляризуемые и неполяризуемые электроды. Приведите примеры.
- 14.2.8. Индикаторные электроды, используемые в рН-метрии.
- 14.2.9. Требования, предъявляемые к электродам сравнения.
- 14.2.10. Охарактеризуйте электроды сравнения, используемые в потенциометрии (каломельные, хлоридсеребряные).
- 14.3.11. Ионоселективные (мембранные) электроды.
- 14.3.12. Электродная функция ионоселективного электрода, коэффициент потенциометрической селективности.
- 14.3.13. Приведите примеры ионоселективных электродов с твердыми (гомогенными и гетерогенными) мембранами.
- 14.3.14. В чем особенность стеклянного электрода? Объясните механизм возникновения потенциала на границе мембрана-раствор.

- 14.3.15. В какой области рН используется стеклянный электрод?
- 14.3.16. Изобразите схему процессов в жидкостных мембранах.
- 14.3.17. Пленочные электроды с пластифицированными мембранами. Принципы их действия.
- 14.3.18. Изобразите электрохимическую цепь для нитратселективного электрода.
- 14.3.19. Охарактеризуйте метрологические параметры и области применения ионоселективных электродов.
- 14.4.20. Требования, предъявляемые к химическим реакциям в потенциометрическом титровании.
- 14.4.21. Электрохимические индикаторные реакции и предъявляемые к ним требования.
- 14.4.22. С чем связано возникновение скачка потенциала на кривых потенциометрического титрования?
- 14.4.23. Факторы, влияющие на величину скачка потенциала.
- 14.4.24. Назовите индикаторные электроды, используемые в кислотно-основном титровании.
- 14.4.25. По какому принципу выбирают индикаторные электроды в осадительном и комплексонометрическом титровании?
- 14.4.26. Какие индикаторные электроды применяют в окислительно-восстановительном титровании?
- 14.4.27. Назовите основные типы потенциометров. В чем их различие?

15. ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЯ (ПОЛЯРОГРАФИЯ)

15.1. Общая характеристика метода

15.2. Вольтамперная кривая. Основные параметры ($i_{ем}$, $i_{пр}$, $i_{мигр}$, $i_{диф}$)

15.3. Основные способы определения концентрации веществ в полярографии

15.4. Современные разновидности вольтамперометрии

15.5. Амперометрическое титрование

- 15.1.1. Кем и когда был введен в аналитическую практику вольтамперометрический метод анализа?
- 15.1.2. В чем сущность полярографического метода анализа?
- 15.1.3. Объясните принципиальную схему установки для снятия вольтамперных кривых.

- 15.1.4. Какие требования предъявляются к индикаторным электродам и электродам сравнения?
- 15.1.5. Назовите области рабочих потенциалов ртутного и платинового микроэлектродов.
- 15.2.6. Дайте общую характеристику полярограммы
- 15.2.7. Причины возникновения емкостного тока.
- 15.2.8. Объясните природу предельного тока.
- 15.2.9. Почему при полярографировании стремятся свести миграционный ток к нулю?
- 15.2.10. Какова роль фона при полярографических определениях?
- 15.2.11. Какие вещества используют в качестве фонов?
- 15.2.12. Объясните влияние растворенного кислорода на форму полярографической кривой. Способы удаления кислорода.
- 15.2.13. Приведите уравнение Ильковича, укажите размерность всех входящих в него величин.
- 15.2.14. Для нахождения каких величин можно использовать уравнение Ильковича?
- 15.2.15. Факторы, влияющие на величину предельного диффузионного тока.
- 15.2.16. Потенциал полуволны, какие факторы влияют на $E_{1/2}$. Способы определения потенциала полуволны.
- 15.2.17. Возможности классической полярографии (вольтамперометрии). Охарактеризуйте чувствительность и селективность метода.
- 15.3.18. Способы определения концентрации при массовых анализах?
- 15.4.19. Сущность метода переменного тока полярографии.
- 15.4.20. Какую форму имеют переменноточковые полярограммы?
- 15.4.21. Изложите сущность инверсионной вольтамперометрии.
- 15.4.22. Возможности инверсионной вольтамперометрии. Охарактеризуйте чувствительность и селективность метода.
- 15.4.23. Для определения каких веществ применяется полярографический метод?
- 15.5.24. В чем сущность амперометрического титрования?
- 15.5.25. Выбор потенциала индикаторного электрода для амперометрических определений. Какие электроды используют в амперометрии?
- 15.5.26. Назовите основные требования, которым должны удовлетворять реагирующие вещества в амперометрии.
- 15.5.27. Типы реакций, используемые в амперометрии.
- 15.5.28. Изобразите различные типы кривых амперометрического титрования.
- 15.5.29. Изобразите и объясните кривую амперометрического титрования $\text{Cu}(\text{II})$ раствором комплексона III.
- 15.5.30. Как обнаруживают конечную точку титрования в амперометрии?
- 15.5.31. Метрологические характеристики метода амперометрического титрования.

16. ЭЛЕКТРОГРАВИМЕТРИЯ

16.1. Общая характеристика метода. Законы Фарадея

16.2. Напряжение разложения. Выделение металлов и водорода при электролизе

- 16.1.1. Сущность электрогравиметрического анализа. Каковы его преимущества и недостатки?
- 16.1.2. Какие электроды применяются в электрогравиметрическом анализе?
- 16.1.3. Сформулируйте закон Фарадея. Математическое выражение закона.
- 16.1.4. Что такое выход по току?
- 16.1.5. Какие металлы выделяются при электролизе на аноде и катоде?
- 16.1.6. Поляризация электродов. Перенапряжение
- 16.1.7. Электрохимическая (кинетическая) поляризация.
- 16.1.8. Концентрационная поляризация.
- 16.1.9. Способы уменьшения концентрационной поляризации.
- 16.2.10. Напряжение разложения.
- 16.2.11. Вычисление напряжения разложения для различных электролитов.
- 16.2.12. Перенапряжение выделения газов.
- 16.2.13. Перенапряжение выделения металлов. От каких факторов оно зависит?
- 16.2.14. На каких металлах перенапряжение выделения водорода мало; велико?
- 16.2.15. Сущность теорий Фрумкина и Тафеля.
- 16.2.16. При каком условии возможно раздельное выделение металлов?

17. КУЛОНОМЕТРИЯ

17.1. Общая характеристика. Классификация методов кулонометрии

17.2. Кулонометрическое титрование

- 17.1.1. Охарактеризуйте сущность кулонометрического метода анализа. Каковы особенности метода?
- 17.1.2. Способы определения количества электричества.
- 17.1.3. Устройства для измерения количества электричества: кулонометры, электронные интеграторы. Какие типы кулонометров известны?
- 17.1.4. Каковы метрологические характеристики кулонометрических методов?

- 17.1.5. Потенциостатическая и гальваностатическая кулонометрия.
- 17.1.6. Выбор напряжения для проведения кулонометрических определений в потенциостатическом варианте.
- 17.1.7. Как изменяется ток от времени в кулонометрии при контролируемом потенциале?
- 17.2.8. На чем основано кулонометрическое титрование?
- 17.2.9. Что такое генерация кулонометрического титранта?
- 17.2.10. Перечислите основные способы обнаружения точки эквивалентности в кулонометрическом титровании.
- 17.2.11. Реакции, используемые в кулонометрическом титровании. Приведите примеры.
- 17.2.12. В чем преимущество кулонометрического титрования по сравнению с другими видами титрования? Применение.

18. СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

18.1. Типы взаимодействия электромагнитного излучения с веществом

18.2. Классификация спектроскопических методов анализа

- 18.1.1. Когда происходит поглощение, излучение, испускание света при взаимодействии ЭМИ с веществом?
- 18.1.2. УФ, видимая и ИК-области спектра.
- 18.1.3. Монохроматический и полихроматический поток излучения.

19. АТОМНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

19.1. Строение атома и происхождение атомных спектров. Постулаты Бора

19.2. Эмиссионный спектральный анализ

19.3. Пламенная фотометрия

19.4. Атомно-абсорбционная спектроскопия

- 19.1.1. Состояние электрона в атоме. Энергетические уровни, подуровни, квантовые числа. Принцип Паули.

- 19.1.2. Когда атом получает или отдает энергию?
- 19.1.3. «Основное» и «возбужденное» состояние атома.
- 19.1.4. Какой вид имеют абсорбционный и эмиссионный спектры вещества.
- 19.1.5. Как получают атомный спектр поглощения и спектр испускания?
- 19.1.6. Энергия атомных орбиталей (примеры).
- 19.1.7. «Резонансные» спектральные линии?
- 19.1.8. Какие электроны называют «оптическими» и что такое «оптический спектр»?
- 19.1.9. Переходы «запрещенные» и «разрешенные».
- 19.1.10. Дайте определение атомно-спектроскопическим методам анализа.
- 19.2.11. Типы эмиссионных спектров. Резонансные линии.
- 19.2.12. Основные этапы получения эмиссионного спектра (атомизация, возбуждение атома, регистрация излучения). Процессы, происходящие при этом.
- 19.2.13. Принципиальные узлы установки для эмиссионного спектрального анализа.
- 19.2.14. Источники атомизации (дуга, искра, пламя). Их характеристика.
- 19.2.15. С помощью каких средств осуществляется разложение излучения в спектр?
- 19.2.16. Как осуществляется регистрация спектра (спектроскоп, спектрограф, спектрометр, квантометр)?
- 19.2.17. Что такое «обзорный» спектральный анализ?
- 19.2.18. Как осуществляется качественный спектральный анализ?
- 19.2.19. Как проводится количественный спектральный анализ? Формула Ломакина.
- 19.2.20. Области применения, преимущества и ограничения эмиссионного спектрального анализа.
- 19.2.21. Погрешность метода.
- 19.3.22. Принцип метода пламенной фотометрии. Возможности и ограничения.
- 19.3.23. Виды пламени. Их характеристика.
- 19.3.24. Процессы, происходящие в пламени.
- 19.3.25. Аппаратура для пламенной фотометрии, основные узлы (типы горелок, оптическая система, детектор).
- 19.3.26. Помехи в пламенной фотометрии.
- 19.3.27. Погрешность метода.
- 19.4.28. Принцип метода атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). Достоинства, области применения.
- 19.4.29. Способ получения резонансного излучения. Газовый разряд в трубках с полым катодом.
- 19.4.30. Принципиальная схема атомного абсорбциометра.
- 19.4.31. Роль газового пламени в методе атомно-абсорбционной спектроскопии.

- 19.4.32. Основные ограничения метода ААС.
- 19.4.33. ААС с непламенным электротермическим атомизатором. Схема графитовой кюветы.
- 19.4.34. Области применения ААС в анализе. Погрешность метода.

20. МОЛЕКУЛЯРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

20.1. Взаимодействие электромагнитного излучения с молекулами вещества

20.2. Законы поглощения электромагнитного излучения

20.3. Общая характеристика фотометрии и спектрофотометрии. Погрешности спектрофотометрических определений

20.4. Способы определения концентрации вещества

в спектрофотометрии. Анализ многокомпонентных систем

- 20.1.1. Как описывается состояние электронов в молекуле?
- 20.1.2. Чем отличается состояние электронов в атоме и молекуле?
- 20.1.3. Что такое «связывающие» и «разрыхляющие» орбитали? Приведите примеры.
- 20.1.4. Охарактеризуйте σ - и π -связи в молекуле.
- 20.1.5. Что понимают под n - электронами? Для каких атомов они характерны?
- 20.1.6. Дайте определение возбужденного состояния молекулы.
- 20.1.7. По какому принципу выделяют электронную спектроскопию? Какой диапазон длин волн она охватывает?
- 20.1.8. Молекулы каких веществ поглощают свет в видимой (ультрафиолетовой) области спектра? Почему?
- 20.1.9. Как графически изображают спектры поглощения вещества (сравните атомные и молекулярные)?
- 20.2.10. Охарактеризуйте основные оптические величины (коэффициент пропускания, оптическая плотность, молярный коэффициент поглощения).
- 20.2.11. Как выбрать оптимальную толщину поглощающего слоя для спектрофотометрических измерений?
- 20.2.12. Чем определяется выбор аналитической (рабочей) длины волны? Охарактеризуйте случаи выбора λ оптимальной; λ максимальной; λ изобестической точки.

- 20.2.13. В каких пределах могут меняться величины оптической плотности и пропускания?
- 20.2.14. Сформулируйте закон Бугера - Ламберта - Бера. Графическое представление закона. Его значение для анализа.
- 20.2.15. Причины «истинных» и «кажущихся» отклонений от закона Бугера - Ламберта - Бера.
- 20.2.16. В чем состоит сущность закона аддитивности оптических плотностей? Его значение для анализа.
- 20.2.17. Приведите пример графического изображения электронного спектра поглощения молекулы органического соединения.
- 20.3.18. Как определяется число полос в электронном спектре поглощения, основные параметры полосы поглощения?
- 20.3.19. В каких единицах выражается длина волны?
- 20.3.20. Объясните физический смысл волнового числа, какова его связь с частотой.
- 20.3.21. Укажите границы УФ- и ИК- области в шкале длин волн.
- 20.3.22. Почему дальняя УФ- область называется вакуумной?
- 20.3.23. Какие вещества и почему поглощают свет в видимой области спектра? Укажите интервал (в длинах волн) видимой области спектра.
- 20.3.24. На чем основана возможность использования спектров для целей качественного и количественного анализа?
- 20.3.25. Охарактеризуйте фотометрический метод анализа, его аппаратное оформление, преимущества и недостатки.
- 20.3.26. Охарактеризуйте спектрофотометрический метод анализа. Его преимущества по сравнению с фотометрией.
- 20.3.27. Источники излучения, применяемые в фотометрии и спектрофотометрии. Что такое монохроматическое и полихроматическое излучение?
- 20.3.28. Роль химических реакций в фотометрии и спектрофотометрии.
- 20.3.29. Какие приборы используют для регистрации электронных спектров поглощения?
- 20.3.30. При каких измерениях в спектроскопии применяют кварцевую оптику?
- 20.3.31. Для какой цели применяют светофильтры при измерениях на фотоэлектроколориметрах? Как выбирают светофильтры для фотометрирования?
- 20.3.32. Для каких целей и в каких приборах используются монохроматоры?
- 20.3.33. Что такое «оптимальные условия» при спектрофотометрических определениях?
- 20.3.34. Как выбрать оптимальную толщину поглощающего слоя, длину волны при спектрофотометрических определениях?
- 20.3.35. Как выбирают растворы сравнения в фотометрии? Что такое «холостой раствор»?

- 20.3.36. При каком значении оптической плотности ее измерение осуществляется с наименьшей погрешностью?
- 20.3.37. Обоснуйте число значащих цифр в результатах анализа, полученных спектрофотометрическим методом.
- 20.4.38. Способ сравнения со стандартом. Его возможности.
- 20.4.39. Способ добавок (расчетный и графический). Его преимущества и недостатки.
- 20.4.40. Способ градуировочного графика. Какие правила необходимо соблюдать при построении градуировочного графика?
- 20.4.41. В каких случаях спектрофотометрический метод может быть использован для анализа смесей?
- 20.4.42. В чем состоит сущность дифференциальной спектрофотометрии?
- 20.4.43. Объясните выбор растворов сравнения в дифференциальном методе.
- 20.4.44. Почему точность дифференциальной спектрофотометрии выше, чем обычной спектрофотометрии?
- 20.4.45. В чем заключается сущность спектрофотометрического титрования? Когда и где его применяют?
- 20.4.46. Преимущества и особенности спектрофотометрического титрования.
- 20.4.47. Какие реакции могут быть использованы в спектрофотометрическом титровании?
- 20.4.48. В каких случаях может быть использовано спектрофотометрическое титрование без индикатора?
- 20.4.49. Когда используется вариант спектрофотометрического титрования с индикатором? Какой вид имеет кривая титрования?
- 20.4.50. Укажите точность варианта спектрофотометрического титрования; проведите сравнение с точностью обычных спектрофотометрических определений.

21. ПРОБА. ПРОБООТБОР

21.1. Проба и образец

21.2. Способы отбора проб от гомогенных и гетерогенных сред, сырьевых материалов, изделий из сплавов и сталей

21.3. Подготовка представительной пробы твердых сегрегированных веществ. Лабораторная проба

21.4. Особенности пробоотбора объектов окружающей среды

21.5. Растворение пробы малорастворимых веществ (минералов)

21.6. Разложение сплавлением

21.7. Минерализация проб органических соединений

21.1.1. Виды проб.

21.1.2. Пробы представительные и неrepresentative.

21.1.3. Какие требования предъявляют к генеральной пробе анализируемого вещества?

21.2.4. Значение пробоотбора для анализа.

21.2.5. Специфика отбора проб от гомогенных жидкостей и газов; от жидкостей, содержащих взвешенный материал; от твердых зернистых веществ (сыпучих, расфасованных); твердых веществ в компактной форме (металлов, сплавов).

21.3.6. Дайте определение представительной (большой, лабораторной, средней) пробы.

21.3.7. Чем определяется размер представительной пробы?

21.3.8. Как осуществляется перемешивание (гомогенизация) представительной пробы твердых неоднородных веществ? Подготовка лабораторной представительной пробы методом квартования, кольца и конуса

21.3.9. Понятие лабораторной пробы.

21.3.10. Какие правила следует соблюдать при хранении и использовании лабораторной пробы?

21.4.11. Принципы отбора проб от гомогенных и гетерогенных жидких сред. Особенности пробоотбора вод из разных водоемов и водотоков. Периодичность пробоотбора. Программа пробоотбора.

21.4.12. Консервация проб воды, сроки хранения.

21.4.13. Принципы отбора проб почвы на пробных площадках.

21.4.14. Подготовка проб почвы к анализу.

21.4.15. Особенности пробоотбора газообразных веществ. Классификация воздушных сред и принципы пробоотбора воздуха.

21.5.16. Переведение неорганической пробы в раствор – основа метода «мокрого анализа».

21.5.17. Принцип выбора растворителя для соединений с ионным, атомным, молекулярным типами связи.

21.5.18. Использование воды, органических растворителей и кислот для растворения образца. Общие принципы подбора растворителей для переведения пробы в раствор.

21.6.19. Виды плавней. Механизм их действия.

21.6.20. Приведите примеры щелочных, кислых и окислительных плавней.

21.6.21. Что такое щелочно-окислительный пек?

- 21.6.22. Какими правилами надо руководствоваться при выборе соответствующего плавня?
- 21.6.23. Когда образец предварительно прокаливается перед сплавлением с плавнем?
- 21.6.24. Проведение сплавления с кислыми плавнями, щелочными. Каким образом переводят плавни в растворимое состояние при разных способах сплавления?
- 21.6.25. Какую роль играют химически активные добавки к растворителям и плавням? Приведите примеры.
- 21.7.26. В чем сущность метода мокрого озоления, применяемого для объектов органического происхождения.
- 21.7.27. Когда применяется «сухое» озоление?
- 21.7.28. В чем сущность метода пиролиза органических соединений?
- 21.7.29. Чем отличается пиролиз от сухого озоления?

22. МЕТОДЫ ПРОБОПОДГОТОВКИ. РАЗДЕЛЕНИЕ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ

22.1. Принципы классификации методов разделения и концентрирования

22.2. Количественные характеристики разделения и концентрирования (степень извлечения, коэффициент концентрирования, коэффициент разделения)

- 22.1.1. Определение процедур разделения и концентрирования веществ. Роль в химическом анализе.
- 22.1.2. Необходимость процедур разделения и концентрирования. Способы их осуществления.
- 22.1.3. Недостатки процедур разделения и концентрирования.
- 22.1.4. На чем основаны химические методы разделения и концентрирования веществ?
- 22.1.5. Какие физические методы используются для разделения веществ?
- 22.1.6. Объекты для концентрирования.

23. ЭКСТРАКЦИЯ КАК МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

23.1. Общая характеристика экстракции. Классификация экстракционных процессов.

23.2. Количественное описание экстракционных процессов

- 23.1.1. На каком принципе основано экстракционное разделение и концентрирование веществ?
- 23.1.2. Дайте определение понятий «экстрагент», «экстракт», «разбавитель».
- 23.1.3. Условия перехода соединений из водной фазы в органическую.
- 23.1.4. Правило фаз в экстракционных процессах.
- 23.1.5. Назовите органические растворители, наиболее часто используемые в методах экстракции.
- 23.2.6. Закон распределения Нернста. Константа распределения K_d . Ограничения закона Нернста.
- 23.2.7. Константа равновесия гетерогенной химической реакции экстракции.
- 23.2.8. Количественные характеристики экстракционных процессов (коэффициент распределения D , коэффициент разделения G , степень извлечения R).
- 23.2.9. С какой целью проводится двух- и трехкратное экстрагирование? Выведите формулы для расчета числа экстракций, необходимых для достижения заданной степени извлечения.

24. ХРОМАТОГРАФИЯ КАК МЕТОД РАЗДЕЛЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДА

24.1. Классификация вариантов хроматографии: по природе контактирующих фаз; процессов, лежащих в основе разделения; технике проведения процесса

24.2. Способы получения хроматограмм (элюентный, вытеснительный, фронтальный)

24.3. Количественные характеристики хроматограмм

24.4. Газовая хроматография. Общая характеристика метода. Классификация

24.5. Жидкостная хроматография. Классификация методов

24.6. Ионообменная хроматография

24.7. Плоскостная хроматография. Общая характеристика метода

- 24.1.1. Каковы основные принципы хроматографического метода? Преимущества и недостатки. Принципиальные отличия от экстракции.
- 24.1.2. Хроматограмма. Положение пиков веществ на хроматограмме. Изотермы сорбции.
- 24.3.3. Что такое время удерживания, удерживаемый объем.
- 24.3.4. Что такое высота хроматографического пика, ширина хроматографического пика, общий удерживаемый объем, приведенный удерживаемый объем?
- 24.3.5. Удельный удерживаемый объем, его связь с коэффициентом распределения. Относительный удерживаемый объем. Какие основные величины входят в уравнение Ван-Деемтера?
- 24.5.6. Основы жидкостной адсорбционной хроматографии (ЖАХ). Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты. Уравнение изотермы адсорбции Лэнгмюра.
- 24.5.7. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Виды, преимущества, области применения.
- 24.6.8. Принцип метода ионообменной хроматографии. Уравнение ионного обмена, константа процесса.
- 24.6.9. Типы ионообменников. Принципы конструирования синтетических высокомолекулярных ионообменников.
- 24.6.10. Селективные, окислительно-восстановительные иониты.
- 24.6.11. Свойства ионитов (обменная емкость, адсорбционная способность, селективность, твердость и др.).
- 24.7.12. Виды плоскостной хроматографии: бумажная, тонкослойная (ТСХ).
- 24.7.13. Принцип проведения распределительной хроматографии на бумаге как вариант жидкость-жидкостной хроматографии.
- 24.7.14. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Нисходящая, восходящая, круговая, бумажная хроматография. Двумерный вариант.
- 24.7.15. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Нормальный и обращенно-фазовый варианты. Сорбенты и подвижные фазы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. *Васильев В.П.* Аналитическая химия. В 2-х ч. Ч.1. Гравиметрический и титриметрический методы анализа. 4-ое издание М.: Дрофа, 2007. 383с.
2. *Васильев В.П.* Аналитическая химия. В 2-х ч. Ч.2. Физико-химические методы анализа. 4-ое издание М.: Дрофа, 2007. 384с.
3. *Васильев В.П.* Аналитическая химия. Сборник вопросов, упражнений и задач. М.: Дрофа, 2004. 318 с.
4. *Чернова Р.К., Кулапина Е.Г., Козлова Л.М., Белолитцева Г.М.* Практикум по аналитической химии /под ред. Р.К Черновой. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2003. 240с.

Дополнительная литература

1. Основы аналитической химии. В 2-х кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения / под ред. Ю.А. Золотова. М.: 3-е издание 2004. 361с.
2. Основы аналитической химии. В 2-х кн. Кн. 2. Общие вопросы. / под ред. Ю.А. Золотова. 3-е издание 2004. 503с.
3. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы / под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2002. 412с.
4. Основы аналитической химии. Практическое руководство / под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высш. шк., 2001. 463с.
5. *Дорохова Е.Н.* Задачи и вопросы по аналитической химии. М.: Мир, 2004. 361 с.
6. *Кулапина Е.Г.* Электрохимические методы анализа. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. 108с.
7. *Вершинин В.И., Власова И.В., Никифорова И.А.* Основы аналитической химии. Омск.: Изд-во ОмГУ, 2007. 592с.
8. *Кельнер Р., Мерме Ж.-М., Отто М., Видмер Г.М.* Аналитическая химия. Проблемы и подходы. / Пер. с англ., под ред. Ю.А. Золотова. Т.1. М.: Мир: АСТ, 2004. 608с.
9. *Кельнер Р., Мерме Ж.-М., Отто М., Видмер Г.М.* Аналитическая химия. Проблемы и подходы. / Пер. с англ., под ред. Ю.А. Золотова. Т. 2. М.: Мир: АСТ, 2004. 728 с.
10. *Отто М.* Современные методы аналитической химии. Т. 1. / пер. с нем. под ред. А.В. Гармаша. М.: Техносфера, 2003. 416 с.
11. *Отто М.* Современные методы аналитической химии. Т. 2. / пер. с нем. под ред. А.В. Гармаша. М.: Техносфера, 2004. 288 с.
12. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Т. 1. / под ред. А.А. Ищенко. М.: Изд. центр "Академия", 2010. 352 с.
13. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Т. 2. / под ред. А.А. Ищенко. М.: Изд. центр "Академия", 2010. 416 с.
14. *Панкратов А.Н.* Кислоты и основания в химии. Саратов. Изд-во Саратов. ун-та, 2006. 196 с.

Учебное издание

*Чернова Римма Кузьминична
Кулапина Елена Григорьевна
Снесарев Сергей Владимирович*

**СБОРНИК ВОПРОСОВ И ЗАДАЧ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ**
Часть 1. Вопросы по аналитической химии

Оригинал-макет

С.В. Снесарев

Подписано в печать Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 10,23 (11). Уч.-изд. л. 10,7. Тираж Заказ №
