Минобрнауки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«Оренбургский государственный университет»**

Кафедра химии

Методические указания для обучающихся по освоению

ДИСЦИПЛИНЫ

*«Б1.Д.Б.15 Аналитическая химия»*

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки

*06.03.01 Биология*

(код и наименование направления подготовки)

*Биоэкология*

(наименование направленности (профиля) образовательной программы)

Квалификация

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

Год набора 2025

Составители \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Пешков С.А.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры химии протокол № \_ от «\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Методические указания являются приложением к рабочей программе по дисциплине «Аналитическая химия», зарегистрированной в ЦИТ под учетным номером\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**Содержание**

[1. Цели и задачи самостоятельной работы студентов 4](#_Toc21595442)

[2. Методические рекомендации по выполнению различных видов заданий самостоятельной работы и показатели их оценивания 6](#_Toc21595443)

[2.1 Работа с конспектом лекции 6](#_Toc21595444)

[2.2 Подготовка и выполнение практических работ. 7](#_Toc21595445)

[2.2 Подготовка и выполнение лабораторных работ. 8](#_Toc21595446)

[2.3 Подготовка к тестированию 10](#_Toc21595447)

[2.4 Написание реферата 11](#_Toc21595448)

[2.5 Подготовка и выполнение РГЗ: 13](#_Toc21595449)

**1. Цели и задачи самостоятельной работы студентов**

Цель методических рекомендаций по самостоятельной работе студентов(СРС) – определить роль и место самостоятельной работы студентов в учебном процессе; конкретизировать ее уровни, формы и виды; обобщить методы и приемы выполнения определенных типов учебных заданий и объяснить критерии оценивания.

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней.

Задачи СРС: систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов; углубление и расширение теоретической подготовки; формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу; развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности; формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развитие исследовательских умений; использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Функции СРС: развивающая (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей студентов); информационно-обучающая (учебная деятельность студентов на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной); ориентирующая и стимулирующая (процессу обучения придается ускорение и мотивация); воспитательная (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста и гражданина); исследовательская (новый уровень профессионально-творческого мышления). В основе СРС лежат следующие принципы: развития творческой деятельности; целевого планирования; личностно-деятельностного подхода.

Планируемые результаты грамотно организованной СРС предполагают: усвоение знаний, формирование профессиональных умений, навыков и компетенций будущего специалиста; закрепление знания теоретического материала практическим путем; воспитание потребности в самообразовании; максимальное развитие познавательных и творческих способностей личности; побуждение к научно-исследовательской работе; повышение качества и интенсификации образовательного процесса; формирование интереса к избранной профессии и овладению ее особенностями; осуществление дифференцированного подхода в обучении. применение полученных знаний и практических навыков для анализа ситуации и выработки правильного решения, для формирования собственной позиции, теории, модели.

Базовая СРС может включать следующие формы работ: изучение лекционного материала, предусматривающие проработку конспекта лекций и учебной литературы; поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса; выполнение домашнего задания или домашней контрольной работы, выдаваемых на практических занятиях; изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе или коллоквиуму; подготовка к зачету, аттестациям; написание реферата (эссе) по заданной проблеме. Дополнительная СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие аналитических навыков по проблематике учебной дисциплины. К ней относятся: подготовка к экзамену; выполнение расчетно-графической работы; выполнение курсовой работы или проекта; 10 исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах; анализ научной публикации по заранее определенной преподавателем теме; анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов и др.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданиям. Основными формами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются: текущие консультации; коллоквиум как форма контроля освоения теоретического содержания дисциплин; прием и разбор домашних заданий (в часы практических занятий); выполнение курсовых работ (проектов) в рамках дисциплин (руководство, консультирование и защита курсовых работ (в часы, предусмотренные учебным планом); прохождение и оформление результатов практик (руководство и оценка уровня сформированности профессиональных умений и навыков); выполнение выпускной квалификационной работы (руководство, консультирование и защита выпускных квалификационных работ) и др.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Основными формами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются: формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); написание рефератов, эссе; подготовка к практическим занятиям (подготовка сообщений, докладов, заданий); составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по отраслям знаний (педагогических, психологических, методических и др.); углубленный анализ научно-методической литературы (подготовка рецензий, аннотаций на статью, пособие и др.); выполнение заданий по сбору материала во время практики; овладение студентами конкретных учебных модулей, вынесенных на самостоятельное изучение; подбор материала, который может быть использован для написания рефератов, курсовых и квалификационных работ; подготовка презентаций; составление глоссария, кроссворда по конкретной теме; подготовка к занятиям, проводимым с использованием активных форм обучения (круглые столы, диспуты, деловые игры); анализ деловых ситуаций (мини-кейсов).

Настоящие методические указания позволят студентам самостоятельно овладеть фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности по профилю подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности, и направлены на формирование компетенций, предусмотренных учебным планом по данному профилю.

**2. Методические рекомендации по выполнению различных видов заданий самостоятельной работы и показатели их оценивания**

**2.1 Работа с конспектом лекции**

Основным средством работы на лекционном занятии является конспектирование. Конспектирование – процесс мысленной переработки и письменной фиксации информации, в виде краткого изложения основного содержания, смысла какого-либо текста. Результат конспектирования – запись, позволяющая студенту немедленно или через некоторый срок с нужной полнотой восстановить полученную информацию. Конспект в переводе с латыни означает «обзор». По существу его и составлять надо как обзор, содержащий основные мысли текста без подробностей и второстепенных деталей. Конспект носит индивидуализированный характер: он рассчитан на самого автора и поэтому может оказаться малопонятным для других. Для того чтобы осуществлять этот вид работы, в каждом конкретном случае необходимо грамотно решить следующие задачи:

1. Сориентироваться в общей концепции лекции (уметь определить вступление, основную часть, заключение).

2. Увидеть логико-смысловую канву сообщения, понять систему изложения информации в целом, а также ход развития каждой отдельной мысли.

3. Выявить «ключевые» мысли, т.е. основные смысловые вехи, на которые «нанизано» все содержание текста.

4. Определить детализирующую информацию.

5. Лаконично сформулировать основную информацию, не перенося на письмо все целиком и дословно.

Определения, которые дает лектор, стоит по возможности записать дословно и выделить другим цветом или же подчеркнуть. В случае изложения лектором хода научной дискуссии желательно кратко законспектировать существо вопроса, основные позиции и фамилии ученых, их отстаивающих. Если в обоснование своих выводов лектор приводит ссылки на справочники, статистические данные, нормативные акты и другие официально опубликованные сведения, имеет смысл лишь кратко отразить их существо и указать источник, в котором можно полностью почерпнуть излагаемую информацию.

В случае возникновения у студента по ходу лекции вопросов, их следует записать и задать в конце лекции в специально отведенное для этого время.

По окончании лекции (в тот же или на следующий день, пока еще в памяти сохранилась информация) студентам рекомендуется доработать свои конспекты, привести их в порядок, дополнить сведениями с учетом дополнительно изученного нормативного, справочного и научного материала. Крайне желательно на полях конспекта отмечать не только изученные точки зрения ученых по рассматриваемой проблеме, но и выражать согласие или несогласие самого студента с законспектированными положениями, материалами судебной практики и т.п.

Лекционное занятие предназначено для изложения особенно важных, проблемных, актуальных в современной науке вопросов. Лекция, также как и семинарское, практическое занятие, требует от студентов определенной подготовки. Студент обязательно должен знать тему предстоящего лекционного занятия и обеспечить себе необходимый уровень активного участия: подобрать и ознакомиться, а при необходимости иметь с собой рекомендуемый преподавателем нормативный материал, повторить ранее пройденные темы по вопросам, которые будут затрагиваться в предстоящей лекции, вспомнить материал иных дисциплин.

Просмотрите конспект сразу после занятий. Отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднение для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

**2.2 Подготовка и выполнение практических работ.**

Целью практических занятий по учебным дисциплинам, является закрепление студентами теоретического материала по профессиям и выработка навыков самостоятельной профессиональной и научно-исследовательской деятельности. Задачи практических занятий обусловлены необходимостью получения обучающимися знаний, умений, навыков согласно требованиям, на основе которых формируются соответствующие общие и профессиональные компетенции.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование практических умений — профессиональных (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных (умений решать задачи по химии), необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным, профессиональным дисциплинам, практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и освоении профессиональных модулей.

Оценивание практических работ проводится дифференцированно (по пятибалльной системе) и при определении оценок за семестр рассматривается как один из основных показателей текущего учета знаний. Обучающимся, не выполнившим своевременно какую-либо из практических работ, преподавателем по согласованию с заместителем директора по УПР устанавливается индивидуальный срок ее выполнения. При наличии практических заданий, за которые не поставлена дифференцированная положительная оценка, обучающемуся не выставляется положительная оценка по междисциплинарному курсу за семестр.

**Подготовка презентаций:**

Прежде чем приступать к подготовке презентации, необходимо определить целевую аудиторию и продолжительность выступления. От этого будет зависеть всё построение презентации. Презентация одной и той же работы на 5 минут и на полтора часа — это две разные презентации; первая не делается простым выбрасыванием слайдов из второй.

Доклад для неподготовленной аудитории должен быть максимально популярным и ярким. Время такого доклада может варьироваться от 10 минут до полутора часов. В любом случае необходимо очень доходчивое введение в проблему, с самого начала мотивирующее слушателей быть внимательными. Желательно, чтобы в начале доклада была интрига, которая будет объяснена ближе к концу. Не менее важно адекватное понимание, зачем слушателям данной аудитории нужны те знания, которые Вы им собираетесь сообщить. Если времени достаточно много, можно сделать исторический экскурс со старыми фотографиями и портретами знаменитых учёных. Красивые иллюстрации, продуманный дизайн слайдов и артистическое самовыражение докладчика желательны, так как удерживают внимание аудитории. Доклад должен быть насыщен полезными и нетривиальными фактами, но рассказывать их надо без технических деталей. Это самая важная особенность данного жанра презентаций — надо уметь выразить самую суть настолько доходчиво, чтобы понял даже школьник.

Стиль презентации зависит от того, сколько времени Вам выделено. Это нечто среднее между выступлением на конференции и презентацией для партнёра. Слушатель максимально дружественен. Ваша цель — добиться полного понимания у всей аудитории. Поэтому презентация должна плавно переходить от популярного введения к более сложным техническим деталям. Дизайн слайдов должен быть простым и строгим (оптимально — тёмный на белом); ничто не должно отвлекать от понимания сути работы.

Человеческое мышление иерархично. Пытаясь понять тему, человек выделяет несколько идей как самые главные (более 5–7 одновременно в голове не удержать, реально — 3–4). Чтобы каждую из них понять поглубже, он их разбивает на более простые под-идеи; те в свою очередь на ещё более простые идеи. И так далее. Всю иерархию идей целиком в голове не удержать, поэтому где-то она неминуемо обрезается. При этом мелкие технические подробности так и остаются непонятыми, однако без особого ущерба для целостного восприятия всей картины. Вся эта работа производится каждым слушателем индивидуально и полуосознанно в процессе восприятия выступления. По сути дела, выступление — это передача «иерархии идей» от человека к человеку. Многие принципы ясного изложения направлены на то, чтобы передавать эту иерархию в наиболее явном виде. Слушатель не должен тратить своих ментальных усилий на «восстановление» иерархии идей из неструктурированного потока фраз. Это достигается различными техническими приёмами:

* Название доклада на первом слайде должно отражать самую главную идею, то есть соотвествовать вершине иерархии.
* В начале выступления желательно привести содержание доклада. Оптимально — три пункта, в каждом — три подпункта. Это структура работы, два верхних уровня иерархии. Если выступление короткое, проговаривается только верхний уровень.
* Наиболее сложные участки выступления лучше разбивать на шаги или этапы, предваряя их очень простым слайдом со списком шагов. Например: «Предлагаемый метод заключается в выполнении трёх шагов:…» или «Есть три причины, по которым стандартный подход не оптимален. Рассмотрим каждую из них в отдельности». Если этих вспомогательных фраз не говорить, содержание доклада не изменится; однако восприниматься он будет гораздо тяжелее.
* Важные идеи верхних уровней обязательно должны быть отражены на слайдах и сказаны словами. Если идея «проскакивает» только на слайде — это верный признак её второстепенности.
* В течение выступления можно несколько раз сказать «основная идея в том, чтобы…». Но злоупотреблять этой фразой не стоит.
* Наиболее важные слова, идеи, фрагменты можно выделять цветом на слайде, чтобы они сразу бросались в глаза. Этим тоже нельзя злоупотреблять.
* Речь и слайды не должны совпадать, тогда презентация станет «объёмной». Речь должна быть более популярна и образна. Слайды должны содержать больше технических подробностей: формулы, схемы, таблицы, графики. В коротком выступлении в них можно тыкать по ходу изложения, но при этом не надо останавливаться на объяснении всех мелочей.
* Первые же фразы должны интриговать. Например, можно сказать о том, насколько сложной или насколько важной является данная задача, или о том, насколько неожиданным будет решение — это позволит удержать внимание слушателей до конца. Но тогда концовка действительно должна оказаться нетривиальной — иначе слушатель будет разочарован.
* После того, как достигнете совершенства по всем вышеперечисленным пунктам, научитесь смотреть людям в глаза и понимать по ходу дела, кто что не понял.

**2.2 Подготовка и выполнение лабораторных работ.**

Лабораторные занятия в высшей школе предназначены для углубленного изучения теоретических вопросов изучаемой дисциплины и овладения современными экспериментальными методами науки, умением решать практические задачи путем постановки опыта.

Лабораторные занятия проводятся в специально оборудованных лабораториях.

Основная роль лабораторного практикума в высшей школе заключается в развитии у студентов научного мышления, в формировании умений интеллектуального проникновения в сущность изучаемых явлений, в приобщении к научному поиску. Поэтому важнейшим элементом лабораторного практикума является ведение рабочей тетради (рабочего журнала) и составление отчета по выполненной работе. Несмотря на коллективный характер выполнения лабораторной работы, **ведение рабочей тетради и составление отчета по лабораторной работе должно проходить строго индивидуально.**

Кафедрой (лектором по дисциплине) в соответствии с рабочей учебной программой дисциплины доводятся до студентов: перечень лабораторных работ, последовательность их выполнения, рекомендуемые учебно-методические пособия, руководства и другая информация, необходимая для подготовки к практическому выполнению предусмотренных программой дисциплины лабораторных работ.

При подготовке к лабораторным работам студент использует рекомендованные учебники и учебные пособия, руководства по выполнению лабораторных работ, инструкции по пользованию измерительной аппаратурой, а также специальные указания по особенностям выполнения отдельных пунктов лабораторных работ.

Подготовка к лабораторным работам **осуществляется студентами самостоятельно заблаговременно.**

В процессе такой подготовки студент должен усвоить теоретический материал, относящийся к данной лабораторной работе, изучить и ясно представить себе содержание и порядок выполнения лабораторной работы, знать принципы действия и правила работы с измерительными приборами, методы измерений, особенности конструкции лабораторной установки и правила техники безопасности, знать ответы на приведенные в методическом руководстве контрольные вопросы, а также выполнить необходимый по заданию объем предварительных расчетов, заготовить необходимые таблицы и рисунки.

Задание на работу выдается за несколько дней до ее выполнения. Для качественного выполнения лабораторных работ студентам необходимо:

1) повторить теоретический материал по конспекту и учебнику (см. список литературы)

2) ознакомиться с описанием лабораторной работы: в специальной рабочей тетради записать название и номер работы, вычертить таблицы для записи показаний приборов и результатов расчета, подготовить миллиметровую бумагу, если требуются графические построения

3) выяснив цель работы, четко представить себе поставленную задачу и способы ее достижения, продумать ожидаемые результатов опытов

4) сделать предварительный домашний расчет, если требуется в задании

5) ответить устно или письменно на контрольные вопросы.

**В процессе выполнения лабораторных работ студент должен:**

1. Строго соблюдать порядок проведения практической части лабораторной работы, описанный в методических указаниях к ней.

2. Вести необходимые рабочие записи, которые по окончанию работы предъявляются преподавателю.

3. После выполнения лабораторных работ студенты предъявляют преподавателю результаты выполнения задания. По выполнению лабораторной работы оформляется отчет.

Отчёт о проделанной лабораторной работе должен быть представлен к сдаче на следующем занятии и является необходимым, но не единственным условием защиты темы данной лабораторной работы.

Защита лабораторных работ производится по каждой работе в отдельности в виде индивидуального собеседования с каждым студентом по теоретической и практической частям выполненной работы, а также по данным и результатам оформленного отчета. Ответы на поставленные вопросы студент дает в устной или письменной форме.

**2.3 Подготовка к тестированию**

В современном образовательном процессе тестирование как новая форма оценки знаний занимает важное место и требует серьезного к себе отношения. Цель тестирований в ходе учебного процесса студентов состоит не только в систематическом контроле за знанием точных дат, имен, событий, явлений, но и в развитии умения студентов выделять, анализировать и обобщать наиболее существенные связи, признаки и принципы разных исторических явлений и процессов. Одновременно тесты способствуют развитию творческого мышления, умению самостоятельно локализовать и соотносить исторические явления и процессы во времени и пространстве. Как и любая другая форма подготовки к контролю знаний, тестирование имеет ряд особенностей, знание которых помогает успешно выполнить тест.

При подготовке к тестированию можно дать следующие методические рекомендации:

1. Готовясь к тестированию, проработайте информационный материал по дисциплине. Проконсультируйтесь с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы.

2. Четко выясните все условия тестирования заранее. Вы должны знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система оценки результатов и т.д.

3. Прежде всего, следует внимательно изучить структуру теста, оценить объем времени, выделяемого на данный тест, увидеть, какого типа задания в нем содержатся. Это поможет настроиться на работу.

4 Лучше начинать отвечать на те вопросы, в правильности решения которых нет сомнений, пока не останавливаясь на тех, которые могут вызвать долгие раздумья. Это позволит успокоиться и сосредоточиться на выполнении более трудных вопросов.

5. Очень важно всегда внимательно читать задания до конца, не пытаясь понять условия «по первым словам» или выполнив подобные задания в предыдущих тестированиях. Такая спешка нередко приводит к досадным ошибкам в самых легких вопросах.

6. Если Вы не знаете ответа на вопрос или не уверены в правильности, следует пропустить его и отметить, чтобы потом к нему вернуться.

7. Многие задания можно быстрее решить, если не искать сразу правильный вариант ответа, а последовательно исключать те, которые явно не подходят. Метод исключения позволяет в итоге сконцентрировать внимание на одном-двух вероятных вариантах.

8. Рассчитывать выполнение заданий нужно всегда так, чтобы осталось время на проверку и доработку (примерно 1/3-1/4 запланированного времени). Тогда вероятность описок сводится к нулю и имеется время, чтобы набрать максимум баллов на легких заданиях и сосредоточиться на решении более трудных, которые вначале пришлось пропустить.

9. Процесс угадывания правильных ответов желательно свести к минимуму, так как это чревато тем, что студент забудет о главном: умении использовать имеющиеся накопленные в учебном процессе знания, и будет надеяться на удачу. Если уверенности в правильности ответа нет, но интуитивно появляется предпочтение, то психологи рекомендуют доверять интуиции, которая считается проявлением глубинных знаний и опыта, находящихся на уровне подсознания.

При подготовке к тесту не следует просто заучивать, необходимо понять логику изложенного материала. Этому немало способствует составление развернутого плана, таблиц, схем. Большую помощь оказывают опубликованные сборники тестов, Интернет-тренажеры, позволяющие, во-первых, закрепить знания, во-вторых, приобрести соответствующие психологические навыки саморегуляции и самоконтроля. Именно такие навыки не только повышают эффективность подготовки, позволяют более успешно вести себя во время экзамена, но и вообще способствуют развитию навыков мыслительной работы.

**2.4 Написание реферата**

Написание рефератов является одной из форм обучения студентов, направленных на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов, а также на усиление контроля за этой работой. Целью написания рефератов является привитие студентам навыков самостоятельной работы с литературой с тем, чтобы на основе их анализа и обобщения студенты могли делать собственные выводы теоретического и практического характера, обосновывая их соответствующим образом. В отличие от теоретических семинаров, при проведении которых студент приобретает, в частности, навыки высказывания своих суждений и изложения мнений других авторов в устной форме, написание рефератов даст ему навыки лучше делать то же самое, но уже в письменной форме, грамотным языком и в хорошем стиле. Представляется, что в зависимости от содержания и назначения в учебном процессе рефераты можно подразделить на две основные группы (типы): научно-проблемные и обзорно-информационные. Научно-проблемный реферат. При написании такого реферата студент должен изучить и кратко изложить имеющиеся в литературе суждения по определенному, спорному в теории, вопросу (проблеме) по данной изучаемой теме, высказать по этому вопросу (проблеме) собственную точку зрения с соответствующим ее обоснованием. На основе написанных рефератов возможна организация «круглого стола» студентов данной учебной группы. В таких случаях может быть поставлен доклад студента, реферат которого преподавателем признан лучшим, с последующим обсуждением проблемы всей группой студентов. Обзорно-информационный реферат. Разновидностями такого реферата могут быть: 1) краткое изложение основных положений той или иной книги, монографии, другого издания (или их частей: разделов, глав и т.д.) как правило, только что опубликованных, содержащих материалы, относящиеся к изучаемой теме по курсу дисциплины. По рефератам, содержание которых может представлять познавательный интерес для других студентов, целесообразно заслушивать в учебных группах сообщения их авторов; 2) подбор и краткое изложение содержания статей по определенной проблеме (теме, вопросу), опубликованных в различных журналах за тот или иной период, либо в сборниках («научных трудах», «ученых записках» и т.д.). Такой реферат может рассматриваться и как первоначальный этап в работе по теме курсовой работы. Темы рефератов определяются преподавателем, ведущим занятия в студенческой группе. Литература либо рекомендуется преподавателем, либо подбирается студентом самостоятельно, что является одним из элементов самостоятельной работы.

Объем реферата должен быть в пределах 10-15 страниц машинописного текста. Написание реферата и его защита перед преподавателем или группой предполагает, что студент должен знать правила написания и оформления реферата, а также уметь подготовить сообщение по теме своего реферата, быть готовым отвечать на вопросы преподавателя и студентов по содержанию реферата. Роль студента: идентична при подготовке информационного сообщения, но имеет особенности, касающиеся: выбора литературы (основной и дополнительной); изучения информации (уяснение логики материала источника, выбор основного материала, краткое изложение, формулирование выводов); оформления реферата согласно установленной форме.

Критерии оценки: актуальность темы; соответствие содержания теме; глубина проработки материала; грамотность и полнота использования источников; соответствие оформления реферата требованиям.

При подготовке реферата необходимо соблюдать следующие правила. Определить идею и задачу реферата. Следует помнить, что реферат будут читать другие. Поэтому постоянно задавайте себе вопрос, будет ли понятно написанное остальным, что интересного и нового найдут они в работе. Ясно и четко сформулировать тему или проблему. Она не должна быть слишком общей. Найти нужную литературу по выбранной теме. Составить перечень литературы, которая обязательно должна быть прочитана. Только после предварительной подготовки следует приступать к написанию реферата. Прежде всего, составить план, выделить в нем части.

*Введение*. В нем раскрывается цель и задачи сообщения; здесь необходимо сформулировать социальную или политическую проблему, которая будет проанализирована в реферате, изложить своё отношение к ней, то есть мотивацию выбора; определить особенность постановки данной проблемы авторами изученной литературы; объяснить актуальность и социальную значимость выбранной темы.

*Основная часть*. Разделы, главы, параграфы основной части должны быть направлены на рассмотрение узловых моментов в теме реферата. Изложение содержания изученной литературы предполагает его критическое осмысление, глубокий логический анализ. Каждый раздел основной части реферата предполагает детальное изучение отдельного вопроса темы и последовательное изложение структуры текстового материала с обязательными ссылками на первоисточник. В целом, содержание основной части должно отражать позиции отдельных авторов, сравнительную характеристику этих позиций, выделение узловых вопросов дискурса по выбранной для исследования теме. Студент должен показать свободное владение основными понятиями и категориями авторского текста. Для лучшего изложения сущности анализируемого материала можно проиллюстрировать его таблицами, графиками, сравнением цифр, цитатами.

*Заключение.* В заключении автор реферата должен сформулировать личную позицию в отношении изученной проблемы и предложить, может быть, свои способы её решения. Целесообразно сделать общие выводы по теме реферата и ещё раз отметить её актуальность и социальную значимость.

**2.5 Подготовка и выполнение РГЗ:**

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний и развитие практических навыков по решению задач в области экологии и организации производства, выработка навыков анализа статистических и аналитических данных и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются: − развитие навыков самостоятельной работы в области решения практических задач по экологии и организации производства;

− подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;

− проведение расчетов технико-экономических показателей по исходным данным и анализ полученных значений;

− формулирование выводов по полученным результатам.

Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя. Варианты практических задач, необходимых к решению, в расчетно-графической работе разработаны на основе программы дисциплины «Экология».

**Структура и содержание расчетно-графической работы**

Содержанием расчетно-графической работы является краткое изложение теоретического материала к каждой задаче, решение задачи по индивидуальному варианту, включающее в себя расчет основных экологических показателей, анализ полученных результатов, формулирование выводов.

Расчетно-графическая работа должна содержать:

1. Титульный лист

2. Теоретическая часть.

3. Условие задачи.

4. Практическая часть и выводы.

Текст условия задачи должен совпадать с текстом в методических указаниях, включая таблицы, при их наличии. Далее излагается теоретический материал, лежащий в основе решения задачи, включающий в себя основные определения, формулы расчетов технико-экологических показателей и др. В практической части излагается подробное решение задачи. При необходимости результаты оформляются в виде сводной таблицы. Необходимо сформулировать выводы, проанализировав полученные результаты. В выводах необходимо акцентировать внимание на существенные отклонения в динамике полученных результатов, указать их возможные причины, раскрыть экологический смысл рассчитанных показателей.

**Основные этапы выполнения расчетно-графической работы**

Расчетно-графическая работа должна выполняться в соответствии с установленным графиком (уточнить у преподавателя). Основные этапы выполнения расчетно-графической работы:

1. Изучение теоретического материала.

2. Проработка варианта задания, выданного преподавателем.

3. Написание теоретической части.

4. Выполнение практической части.

5. Написание выводов.

6. Оформление и защита работы.

**2.6 подготовка и сдача экзамена**

Экзамен представляет собой форму контроля учебной деятельности студента, которая используется, если учебная дисциплина составляет две и более зачетных единиц, т. е. изучается более 72 часов. Оценка выявленных на экзамене знаний, умений и компетенций дифференцирована: в зачетной книжке ставится оценка «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично».

Самостоятельная подготовка к экзамену схожа с подготовкой к зачету, особенно если он дифференцированный. Но объем учебного материала, который нужно восстановить в памяти к экзамену, вновь осмыслить и понять, значительно больше, поэтому требуется больше времени и умственных усилий. Необходимо перечитать лекции, вспомнить то, что говорилось преподавателем на семинарах и практических занятиях, а также самостоятельно полученную информацию при подготовке к ним. Важно сформировать целостное представление о содержании ответа на каждый вопрос, что предполагает знание разных научных трактовок сущности того или иного явления, процесса, умение раскрывать факторы, определяющие их противоречивость, знание имен ученых, изучавших обсуждаемую проблему. Необходимо также привести информацию о материалах эмпирических исследований, что указывает на всестороннюю подготовку студента к экзамену. Ответ, в котором присутствуют все указанные блоки информации, наверняка будет отмечен высокими баллами. Для их получения требуется ответить и на дополнительные вопросы, если экзамен проходит в устной форме.

Рекомендуется подготовку к экзамену осуществлять в два этапа. На первом, в течение 2–3 дней, подбирается из разных источников весь материал, необходимый для развернутых ответов на все вопросы. Ответы можно записать в виде краткого конспекта. На втором этапе по памяти восстанавливается содержание того, что записано в ответах на каждый вопрос.

**Экзамены проводятся по билетам**, подписанным составителем билетов и утвержденным заведующим кафедрой, или тестовым заданиям, утвержденным в установленном порядке.

Педагогическому работнику предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы сверх билета, а также, помимо теоретических вопросов, давать для решения задачи и примеры, связанные с курсом.

Во время проведения экзаменов в аудитории должны находиться: рабочая программа дисциплины (модуля), аттестационная ведомость, утвержденные заведующим кафедрой билеты.

При явке на экзамены и зачеты студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, а в необходимых случаях, определяемых кафедрами, и выполненные работы.

Студенты по заочной форме обучения кроме этого должны иметь при себе проверенные контрольные работы, которые после сдачи экзамена передаются на хранение на кафедру, за которой закреплена дисциплина.

Присутствие на экзаменах или зачетах посторонних лиц, за исключением лиц, имеющих право осуществлять контроль за проведением экзаменов и зачетов, без разрешения проректора по учебной работе или декана факультета/директора института не допускается.

Во время экзамена и зачета студенты обязаны соблюдать установленные университетом правила поведения и выполнения экзаменационных заданий. При нарушении правил студент удаляется с экзамена или зачета и считается не сдавшим экзамен или зачет.

Неудовлетворительные результаты промежуточной аттестации и при отсутствии уважительных причин признаются академической задолженностью.

При наличии уважительных причин и с согласия педагогического работника декан факультета/директор института может разрешить пересдачу экзамена по дисциплине, по которой студентом получена неудовлетворительная оценка, в период экзаменационной сессии.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

П.А. Пономарева

ХИМИЯ

Сборник лабораторных работ

Методические указания

Рекомендовано на заседании кафедры химии для обучающихся по образовательным программам высшего образования по нехимическим направлениям подготовки.

Оренбург

2015

УДК

ББК

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Т.Ф. Тарасова

П **Пономарева, П. А.**

Химия. Сборник лабораторных работ: методические указания / П. А. Пономарева; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2015. - 55 с.

Методические указания содержат лабораторные работы по химии. Приведены методические рекомендации и план изучения тем, краткий теоретический обзор, вопросы и задачи для самостоятельной работы.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ при изучении дисциплины «Химия» обучающимися по нехимическим направлениям подготовки очной и заочной форм обучения.

Данные методические указания будут полезны для самостоятельной работы студентов и при подготовке к зачёту или экзамену.

УДК

ББК

© Пономарева П. А., 2015

© ОГУ, 2015

**Содержание**

[Введение 5](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566223)

[Обозначение и сокращение 6](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566224)

[1 Окислительно-восстановительные реакции 7](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566225)

[1.1 Методические рекомендации и план изучения темы 7](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566226)

[1.2 Теоретическая часть 8](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566227)

[1.3 Вопросы для самостоятельной работы 13](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566228)

[1.4 Лабораторная работа 15](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566229)

[2 Металлы и их свойства 18](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566230)

[2.1 Методические рекомендации и план изучения темы 18](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566231)

[2.2. Теоретическая часть 19](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566232)

[2.3 Вопросы и задачи для самостоятельной работы 26](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566233)

[2.4 Лабораторная работа 27](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566234)

[3 Гальванические элементы. Электролиз 30](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566235)

[3.1 Методические рекомендации и план изучения темы 30](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566236)

[3.2 Теоретическая часть 31](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566237)

[3.3 Вопросы и задачи для самостоятельной работы 38](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566238)

[3.4 Лабораторная работа 40](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566239)

[4 Коррозия металлов. Методы защиты от коррозии 43](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566240)

[4.1 Методические рекомендации и план изучения темы 43](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566241)

[4.2. Теоретическая часть 44](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566242)

[4.3 Вопросы и упражнения для самостоятельной работы 47](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566243)

[4.4 Лабораторная работа 48](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566244)

[Список использованных источников 51](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566245)

[Приложение А 52](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566246)

[*(справочное)* 52](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566247)

[Электродные потенциалы металлов 52](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566248)

[Приложение Б 53](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566249)

[*(рекомендуемое)* 53](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566250)

[Электрохимический ряд напряжения 53](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566251)

[Приложение В 55](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566252)

[*(рекомендуемое)* 55](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566253)

[Методы защиты металлов от коррозии 55](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566254)

[Приложение Г 56](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566255)

[*(рекомендуемое)* 56](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566256)

[Классификация коррозии металлов 56](file:///Z:\F\Научные%20работы\РП\Новые%20РП\МУ\2019\МУ_РП_АФиКХ_18.03.01_ОП(ба)_очн_2019.docx#_Toc5566257)

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

О.И. Болдырева, О.П. Кушнарева, П.А. Пономарева

**ХИМИЯ**

Задачи и упражнения

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебно-методического пособия для студентов, обучающихся по программам высшего образования по нехимическим направлениям подготовки

Оренбург

2016

УДК 54(076.5)

ББК 24я7

Б 79

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Т.Ф.Тарасова

**Болдырева, О.И.**

**Б 79** Химия. Задачи и упражнения: учебное пособие / О.И. Болдырева,

О.П. Кушнарева, П.А. Пономарева; Оренбургский гос. ун-т –

Оренбург; ОГУ, 2016. - 140 с.

В сборнике приводится материал для самостоятельной работы студентов по основным темам изучения дисциплины химии.

Задания предназначены для студентов, обучающихся по программам ФГОС ВО по нехимическим направлениям бакалавриата.

УДК 54(075.8)

ББК 24я73

© Болдырева О.И.,

Кушнарева О.П.,

Пономарева П.А., 2016

© ОГУ, 2016

**Содержание**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Введение.................................................................................................................... | | 4 |
| 1 | Классы неорганических соединений.............................................................. | 5 |
| 2 | Основные понятия и законы химии. Стехиометрия...................................... | 15 |
| 3 | Строение атома. Периодические свойства атомов и ионов.......................... | 22 |
| 4 | Эквивалент......................................................................................................... | 48 |
| 5 | Химическая термодинамика и термохимия................................................... | 56 |
| 6 | Кинетика и химическое равновесие................................................................ | 62 |
| 7 | Концентрация растворов.................................................................................. | 65 |
| 8 | Свойства разбавленных растворов неэлектролитов...................................... | 73 |
| 9 | Растворы электролитов.................................................................................... | 80 |
| 10 | Водородный показатель (рН). Гидролиз солей.............................................. | 86 |
| 11 | Комплексные соединения................................................................................ | 89 |
| 12 | Окислительно-восстановительные реакции................................................... | 95 |
| 13 | Химия конструкционных материалов и сплавов........................................... | 107 |
| 14 | Электрохимия.................................................................................................... | 110 |
| 15 | Коррозия металлов и защита от коррозии...................................................... | 115 |
| 16 | Жесткость воды................................................................................................. | 118 |
| 17 | Литература, рекомендуемая для решения задач............................................ | 122 |
| Список использованных источников..................................................................... | | 123 |
| Приложение А Значения некоторых величин....................................................... | | 124 |
| Приложение Б Соотношения между единицами некоторых физических величин...................................................................................................................... | | 125 |
| Приложение В Наименования неорганических веществ..................................... | | 126 |
| Приложение Г Основные характеристики атомов................................................ | | 133 |
| Приложение Д Свойства некоторых кислот и оснований................................... | | 136 |
| Приложение Е Свойства комплексных соединений............................................. | | 137 |
| Приложение Ж Гальванический элемент.............................................................. | | 138 |
| Приложение И Окислительно-восстановительные реакции............................... | | 139 |

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

О.И. Болдырева, О.П. Кушнарева, П.А. Пономарева

**СБОРНИК ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ХИМИИ**

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» в качестве методических указаний для студентов, обучающихся по программам высшего образования по нехимическим направлениям подготовки

Оренбург

2016

УДК 54(076.5)

ББК 24я7

Б 79

Рецензент – кандидат технических наук, доцент Т.Ф.Тарасова

**Болдырева, О.И.**

**Б 79** Сборник индивидуальных заданий по химии /

О.И. Болдырева, О.П. Кушнарева, П.А. Пономарева;

Оренбургский гос. ун-т – Оренбург; ОГУ, 2016. - 75с.

В сборнике приводится задания для контроля усвоения студентами материала по основным разделам химии.

Задания предназначены для студентов, обучающихся по программам ФГОС ВО по нехимическим направлениям - бакалавриат.

УДК 54(075.8)

ББК 24я73

© Болдырева О.И.,

Кушнарева О.П.,

Пономарева П.А., 2016

© ОГУ, 2016

**Содержание**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Введение.................................................................................................................... | | 4 |
| 1 | Классы неорганических соединений.............................................................. | 5 |
| 2 | Основные понятия и законы химии. Стехиометрия...................................... | 8 |
| 3 | Строение атома. Периодические свойства атомов и ионов.......................... | 12 |
| 4 | Эквивалент......................................................................................................... | 15 |
| 5 | Химическая термодинамика и термохимия................................................... | 21 |
| 6 | Кинетика и химическое равновесие................................................................ | 27 |
| 7 | Концентрация растворов.................................................................................. | 30 |
| 8 | Свойства разбавленных растворов неэлектролитов...................................... | 35 |
| 9 | Растворы электролитов.................................................................................... | 39 |
| 10 | Водородный показатель (рН). Гидролиз солей.............................................. | 45 |
| 11 | Комплексные соединения................................................................................ | 48 |
| 12 | Окислительно-восстановительные реакции................................................... | 51 |
| 13 | Химия конструкционных материалов и сплавов........................................... | 54 |
| 14 | Электрохимия.................................................................................................... | 56 |
| 15 | Коррозия металлов и защита от коррозии...................................................... | 61 |
| 16 | Жесткость воды................................................................................................. | 64 |
| 17 | Литература, рекомендуемая для решения задач............................................ | 68 |
| Список использованных источников..................................................................... | | 69 |
| Приложение А Значения некоторых величин....................................................... | | 70 |
| Приложение Б Свойства некоторых кислот и оснований.................................... | | 71 |
| Приложение В Свойства комплексных соединений............................................. | | 72 |
| Приложение Г Гальванический элемент.............................................................. | | 73 |
| Приложение Д Окислительно-восстановительные реакции................................ | | 74 |

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Кафедра химии

Кафедра химии

Л.М. Рагузина, А.В. Стряпков, Е.В.Сальникова,

Ж.П. Анисимова

**КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМУ

Оренбург

2016

ББК 24.4 я73

К - 60

УДК 54.062 (075.8)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент Т.Ф. Тарасова

**Количественный анализ.:** **Методические указания к**

**К 60 лабораторному практикуму./ Л.М. Рагузина, А.В. Стряпков,**

**Е.В. Сальникова, Ж.П. Анисимова. - Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2016. – 43 с.**

Лабораторный практикум состоит из лабораторных работ по количественному анализу. Каждая работа включает теоретическое изложение материала, описание методики проведения опытов, расчётные формулы.

Методические указания предназначены для выполнения

лабораторного практикума по дисциплине «Аналитическая химия», 2 семестра дисциплины «Химия» для студентов направления подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья, 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, 06.03.01 Биология, 05.03.06 Экология и природопользование, 20.03.01 Техносферная безопасность.

ББК 24.4 я73

© Рагузина Л.М., 2016

Стряпков А.В.,

Сальникова Е.В.,

Анисимова Ж.П.,

© ГОУ ОГУ, 2016

**Содержание**

1. Введение в объёмный анализ . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4
2. Лабораторная работа № 1. Метод нейтрализации. Приготовление рабочего титрованного раствора кислоты. Приготовление рабочего титрованного раствора щелочи. Определение концентрации кислоты по щелочи . . . . . . . . 12
3. Лабораторная работа № 2. Метод нейтрализации. Количественное определение карбонатов и бикарбонатов в растворе . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 15
4. Лабораторная работа № 3. Оксидиметрия. Перманганатометрия. Приготовление рабочего титрованного раствора перманганата калия. . . . . .18
5. Лабораторная работа № 4. Перманганатометрия. Определение массовой доли железа в соли Мора . . . . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .21
6. Лабораторная работа № 5. Оксидиметрия. Иодометрия. Приготовление рабочего титрованного раствора тиосульфата натрия. Определение массовой доли меди в медном купоросе методом иодометрии . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .23
7. Лабораторная работа № 6. Дихроматометрия . .. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .27
8. Лабораторная работа № 7. Определение железа с трилоном Б . . . . . . . . . . . 29
9. Лабораторная работа № 8. Определение содержания уксусной кислоты в уксусе . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 30
10. Лабораторная работа № 9. Определение степени гидролиза методом измерения рН раствора . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .. . . .32
11. Лабораторная работа № 10. Метод комплексообразования. Трилонометрия. Определение общей жёсткости воды методом комплексонометрии . . . . . . 34
12. Лабораторная работа № 11. Определение зольности пищевых кислот . . . . 38
13. Лабораторная работа № 12. Весовой анализ. Определение массовой доли бария в хлориде бария. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 39
14. Требования к рабочему журналу. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 42
15. Список использованных источников . . . . . . . . .. . . . . . . . . . . . . . . . .. . . . . . .43

**1 Введение в объёмный анализ**

**1. 1 характеристика и методы объёмного анализа**

**1.1.1 Объёмный анализ**

Объемным (титриметрическим) анализом называют метод количественного химического анализа аналитической химии, основанный на точном измерении объемов растворов реагирующих между собой нацело веществ.

Основной операцией объемного анализа является титрование – постепенное приливание одного раствора, находящегося в бюретке, к точно известному объему другого вещества, находящемуся в колбе, до точки эквивалентности. Точкой эквивалентности считают момент титрования, в который все вещество из раствора в колбе прореагирует.

Точка эквивалентности фиксируется глазом аналитика по изменению внешнего вида (например, цвета) растворов реакционной системы или специально добавленного индикатора.

По точно измеренным объемам растворов двух реагирующих веществ и известной концентрации одного из них рассчитывают неизвестную концентрацию другого раствора.

Расчеты основывают на законе эквивалентов: “Вещества вступают в химические реакции друг с другом строго определенными массами их эквивалентов”.

Например для реакции:

А + В → С + Д

выражение закона эквивалентов:

m (A) /m (B) = M (1/z A)/ M (1/z B)

Можно закон сформулировать упрощенно: “Количества эквивалентов прореагировавших веществ равны между собой”, что для той же реакции

А + В → С + Д

можно записать:

n (1/z A) = n (1/z B)

**1.1.2 Методы объёмного анализа**

В зависимости от типа химической реакции, используемой в целях анализа, различают методы объемного анализа:

- методы, основанные на применении реакций обмена (метод нейтрализации или кислотно-основное титрование; метод осаждения);

- методы, основанные на применении реакций окисления-восстановления (оксидиметрия или редоксметрия, или окислительно-восстановительное титрование);

- методы, основанные на применении реакций комплексообразования (комплексонометрия или комплексонометрическое титрование).

**1.2 Посуда объёмного анализа и правила обращения с ней**

Выполнение химического анализа объемным методом требует точного измерения объемов растворов. Для этой цели служит специальная мерная посуда. Измерение объемов ведется в дм3 (литрах), а в лабораторных условиях часто применяют мл3 (миллилитры). Так как в большинстве учебных пособий, а также в фабричных штампах на лабораторной посуде сохраняют привычные единицы измерения объемов – литры и миллилитры, ими и будем пользоваться.

**1.2.1 Мерные колбы**

Мерные колбы представляют собой плоскодонные сосуды шарообразной или грушеобразной формы с узким длинным горлом. На горле имеется кольцевая метка, до которой нужно заполнить колбу, чтобы объем раствора был равен обозначенному на фабричном клейме.

Наиболее часто применяют мерные колбы емкостью: 1000, 500, 250, 200, 100 и 50 мл. Объем на колбе обозначают в мл при температуре +20ºС.

Мерные колбы применяют для приготовления известных объемов растворов точной или примерно заданной концентрации, реже – для отмеривания заданных объемов растворов или воды. Мерная колба тарируется на заполнение.

В мерных колбах не разрешается нагревать, длительное время хранить растворы или осуществлять в них химические реакции, так как при этом стекло стенок колбы выщелачивается и объем изменяется.

**1.2.2 Правила обращения с мерными колбами**

1.2.2.1 Работать с совершенно чистой колбой.

1.2.2.2 Колбу брать только за горло и обязательно выше метки, чтобы не изменить температуру раствора и колбы.

1.2.2.3 Раствор или воду наливать до метки, чтобы вогнутый мениск жидкости касался кольцевой метки своей нижней частью.

1.2.2.4 Для правильного наполнения колбу держать так, чтобы метка находилась точно на уровне глаз (в этом положении кольцевая метка видится отрезком прямой).

**1.2.3 Пипетки**

Пипетки представляют собой длинные стеклянные трубки малых диаметров, имеющие оттянутый носик и, возможно, расширение в средней части трубки.

Применяются для точного отмеривания и перенесения из одного сосуда в другой небольших объемов растворов. При этом пипетки с расширением (пипетки Мора) имеют одну кольцевую метку для перенесения только одного объема раствора. Цилиндрические пипетки градуированы на мл и их доли и предназначены для перенесения разных объемов растворов (в пределах градуировки). Градуированные пипетки малого объема (1-2 мл), изготовленные из стеклянной трубки очень малого диаметра с ценой деления 0,01-0,05 мл, называются микропипетками и применяются при работе с очень малыми объемами растворов. Пипетки при изготовлении градуируются на слив, поэтому объем раствора, вылитого из пипетки, соответствуют градуировке.

**1.2.4 Правила обращения с пипетками**

1.2.4.1 Работать с совершенно чистой пипеткой.

1.2.4.2 При высасывании воздуха из пипетки оттянутый носик должен быть до дна погружен в раствор.

1.2.4.3 Как только раствор в пипетке поднимается выше метки, быстро вынуть верхний конец изо рта и закрыть отверстие указательным пальцем.

1.2.4.4 Держа вертикально пипетку так, чтобы метка (нулевая метка) находилась на уровне глаз, слегка ослабить нажим указательного пальца, чтобы раствор вытекал каплями в сосуд до тех пор, пока нижний мениск коснется метки (нулевой метки). Усилить нажим указательного пальца, прекратить вытекание раствора.

1.2.4.5 Ввести оттянутый носик пипетки в колбу или стакан, куда требуется перенести порцию раствора (не касаясь стенок сосуда), ослабить нажим указательного пальца и слить раствор или весь, или до требуемого деления.

1.2.4.6 При сливании всего раствора нельзя выдувать из кончика пипетки удерживаемую капиллярными силами каплю раствора, так как пипетка градуирована на свободный слив.

1.2.4.7 Осмотреть пипетку, и, если на внутренней поверхности остались капли раствора, пипетку промыть моющей смесью, водопроводной водой и дистиллированной водой, отмеривание повторить чистой пипеткой.

**1.2.5 Бюретки**

Бюретки представляют собой градуированные по высоте на мл и их доли длинные стеклянные трубки с оттянутым носиком, перед которым имеется стеклянный кран или отрезок резинового шланга, перекрываемые металлическим зажимом снаружи или стеклянным шариком внутри.

Бюретка предназначена для титрования или для отмеривания небольших порций растворов в серийных анализах.

**1.2.6 Правила пользования бюретками**

1.2.6.1 Работать с совершенно чистой бюреткой.

1.2.6.2 Бюретку укреплять в штативе строго вертикально при помощи металлических лапок или специальных зажимов.

1.2.6.3 Перед каждым титрованием обязательно заполнять бюретку раствором до нулевого деления. При этом носик бюретки должен быть заполнен, а воронка убрана.

1.2.6.4 При всех отсчетах по бюретке глаза наблюдателя располагать строго на уровне мениска жидкости.

1.2.6.5 Раствор из бюретки при титровании приливать по каплям, не допуская вытекания струей. Титруемый раствор в колбе постоянно перемешивать.

Кроме мерных колб, пипеток и бюреток в объемном анализе применяют обычную химическую посуду, а для грубых измерений используют мерные цилиндры и мензурки.

**1.3 Растворы в объемном анализе, их классификация, способы**

**выражения и расчёта концентрации**

1.3.1 По роли в объемном анализе различают рабочий и анализируемый растворы.

Рабочий раствор – это раствор того вещества, по концентрации которого устанавливают концентрацию анализируемого раствора.

Растворы с известной концентрацией в весовом анализе называют титрованными, т.е. с известным титром.

Титр – один из способов выражения концентрации растворов, показывает, сколько г (или мг) растворенного вещества содержится в 1 мг раствора. Обозначается Т, измеряется в г/мл или мг/мл. Является одним из видов массовой концентрации.

1.3.2 По способу нахождения точной концентрации титрованные растворы делят на два типа:

а) приготовленные;

б) установленные.

**Приготовленным** раствором называется титрованный раствор, точная концентрация которого становится известной в процессе его приготовления по точной навеске, взятой на аналитических весах, и точному объему раствора:

T (A) = m (A)/V (A), г/мл

Навеску вещества рассчитывают заранее. Масса вещества, необходимая для приготовления заданного объема раствора, заданной концентрации (или масса вещества, содержащаяся в любом объеме раствора известной концентрации) прямо пропорциональна концентрации, молярной массе или молярной массе эквивалента растворенного вещества и объему раствора.

 г, мг;

г, мг.

Кроме титра рабочего раствора

 (г/мл)

часто применяют в расчетах титр рабочего раствора вещества (А) по определяемому иону или веществу (Х).

Титр рабочего раствора по определяемому иону или веществу показывает, сколько г (мг) определяемого иона или вещества (Х) взаимодействует с 1 мл рабочего титрованного раствора вещества (А). Обозначается Т(А/Х). Например, Т(KMnO4/Fe2+) показывает, сколько г взаимодействует Fe2+ взаимодействует с 1 мл рабочего титрованного раствора KMnO4;

Т(AgNO3/Cl-) – титр рабочего раствора нитрата серебра по иону Cl-, показывает, сколько г Cl- взаимодействует с 1 мл рабочего титрованного раствора.

Титр Т(А/Х) вычисляется:

1. по затраченному на титрование объему рабочего раствора

, г/мл,

где m (Х)– масса титруемого иона или вещества, г

V (А)– эквивалентный объем рабочего раствора, мл

2) по концентрации рабочего титрованного раствора:

,

например:

(г\мл)

 (г/мл)

Вещества, пригодные для получения приготовленных растворов, называется исходным и должны удовлетворять следующим требованиям:

а) быть химически чистым,

б) иметь определенный химический состав, выражающийся одной формулой и не изменяющийся как при хранении веществ, так и при приготовлении раствора.

Круг таких веществ ограничен (поваренная соль; кристаллогидрат щавелевой кислоты, некоторые квасцы, бура и др.).

Большинство же веществ в той или иной мере изменяются со временем, поэтому для получения из них растворов с точной концентрацией вначале готовят раствор примерной концентрации, а затем устанавливают его точную концентрацию путем титрования.

**Установленным** раствором называется титрованный раствор, точная концентрация которого стала известной из расчетов по результатам титрования.

Расчет ведут на основании закона эквивалентов, который в применении к веществам, взаимодействующим в растворенном состоянии, можно сформулировать так: “Объемы растворов реагирующих веществ в точке эквивалентности обратно пропорциональны нормальным концентрациям этих веществ (или молярным концентрациям эквивалентов этих веществ)”. Для реакции

А + В → С + Д

где V (A), V (B) – объемы рабочего и анализируемого раствора в точке эквивалентности;

C (1/zA), C (1/zB)– нормальные концентрации рабочего и анализируемого раствора (или молярные концентрации эквивалентов этих веществ).

Нормальная или молярная концентрация эквивалентов показывает, какое количество вещества эквивалента содержится в единице объема раствора. Измеряется в моль/л, ммоль/мл.

Рекомендуется применять целые единицы измерения (моль/л), т.к. пропорциональные дробные величины численно с ними совпадают. Например, если имеется раствор с молярной концентрацией эквивалентов 0,1 моль/л, то его концентрация в ммоль/л также равна 0,1.

Нормальная концентрация (молярная концентрация эквивалента) находится отношением количества вещества эквивалента (n моль), содержащегося в растворе, к объему, этого раствора (V л).



или учитывая, что



можно вычислить:





**1.4 Вычисления в объёмном анализе**

Вычисления в объемном анализе основаны на законе эквивалентов, законе сохранения массы вещества при химических реакциях, законе постоянства состава веществ. В расчетах используются числовые данные периодической системы химических эквивалентов Д.И. Менделеева или справочные таблицы относительных молекулярных масс элементов и различных формульных единиц.

**1.4.1 Примеры типовых задач и расчетов в объемном анализе**

1.4.1.1 Какова масса двухводного кристаллогидрата щавелевой кислоты, необходимая для приготовления 200 мл раствора с молярной концентрацией эквивалента 0,1500 моль/л? Каков титр этого раствора?

Решение:

1) М (Н2С2О4 · 2Н2О) = 126,07 г/моль (из справочной таблицы)

2) Z = 2, 1/z = ½ = 0,5

3) m (Н2С2О4 · 2Н2О) = C (½Н2С2О4 · 2Н2О) · M (½Н2С2О4 · 2Н2О) · V (Н2С2О4)

m (Н2С2О4 · 2Н2О) = 0,1500 моль/л · ½ · 126 г/моль · 0,2 л = 1,8900 г.

4) Т (Н2С2О4 · 2Н2О) = m (Н2С2О4 · 2Н2О)/ V (Н2С2О4)

Т (Н2С2О4 · 2Н2О) = 1,8900 г/200 мл = 0,009450 г/мл

Ответ: m (Н2С2О4 · 2Н2О) = 1,8900 г.

Т (Н2С2О4 · 2Н2О) = 0,009450 г/мл.

1.4.1.2 Каковы титр и нормальная концентрация раствора серной кислоты, если на титрование 15,0 мл его затрачено 13,7 мл титрованного раствора гидроксида калия с молярной концентрацией 0,1304 моль/л?

Решение:

1) H2SO4 + 2 KOH → K2SO4 + 2 H2O

Z (H2SO4) = 2, 1/z = ½ = 0,5

Z (KOH) = 1

По закону эквивалентов:

V (H2SO4)/ V (KOH) = C (KOH) / C (½H2SO4)

C (½H2SO4) = 0,1304 моль/л · 13,7 мл / 15,0 мл = 0,1191 моль/л

2) Т(H2SO4) = С (½H2SO4) · М(½H2SO4) / 1000,

М (½H2SO4) = ½ · 98,078 = 49, 039 г/моль

Т (H2SO4) = 0,1191 моль/л · 49,03 г/моль/1000 мл = 0,005836 г/мл

Ответ: C (½H2SO4) = 0,1191 моль/л

Т (H2SO4) = 0,005836 г/мл

1.4.1.3 Из навески 0,6172 г иодида калия приготовили 100 мл раствора. На титрование 15,0 мл этого раствора затрачено 25,0 мл раствора нитрата серебра, молярная концентрация которого равна 0,0204 моль/л. Вычислите массовую долю иода в иодиде калия по результатам титрования и теоретическую (для сравнения).

Решение:

KI + AgNO3 → AgI + KNO3

1) T (AgNO3/I-) = C(AgNO3) · M(I-)/1000

T (AgNO3/I-) = 0,0204 моль/л · 127 г/моль /1000 мл = 0,002591 г/мл

2) m (I-) = T (AgNO3/I-) · V (AgNO3) · V1 (KI)/V2 (KI)

m (I-) = 0,002591 г/мл · 25 мл · 100 мл / 15 мл = 0,4318 г.

3) W (I-) = m (I-) / m (KI)

по результатам титрования:

W (I-)прак. = 0,4318 г / 0,6172 г = 0,6996 или 69,96 %

W (I-)теор. = М (I-) / М (KI)

W (I-)теор. = 127 г/моль / 166 г/моль = 0,7651 или 76,51 %

Ответ: W (I-)прак. = 0,6996 или 69,96 %

W (I-)теор. = 0,7651 или 76,51 %

**1.4.2 Решить самостоятельно задачи**

1.4.2.1 Какова молярная концентрация раствора хлорида натрия, если для приготовления 500 мл раствора бала взята на аналитических весах навеска 0,5850 NaCl х.ч.? Каков титр этого раствора? Какова нормальная концентрация этого раствора?

1.4.2.2 Какова масса сульфата меди в 2,5 л раствора с молярной концентрацией эквивалента 0,25 моль/л? Вычислите для безводной соли и пятиводного кристаллогидрата.

1.4.2.3 Каковы титр и молярная концентрация эквивалента раствора нитрита натрия, если при титровании его в кислой среде на 10,0 мл раствора нитрита натрия затрачено 12,5 мл раствора перманганата калия, молярная концентрация эквивалента которого равна 0,0800 моль/л? При титровании протекает реакция:

5NO2 - + 2MnO4- + 6H+ → 5NO3- + 2Mn2+ +3H2O

**2 Лабораторная работа № 1**

**Метод нейтрализации. Приготовление рабочего титрованного раствора кислоты. Приготовление рабочего титрованного раствора щелочи. Определение концентрации кислоты по щелочи**

**2.1 Введение**

Метод нейтрализации или кислотно-основное титрование является одним из методов объемного химического количественного анализа аналитической химии. Основан на применении реакций нейтрализации в целях анализа. Сущность реакции нейтрализации заключается во взаимодействии протонов с гидроксид-ионами, в результате чего образуются слабодиссоциирующие молекулы:

H+ + OH-  H2O

Методом нейтрализации устанавливают концентрацию растворов кислот по рабочим титрованным растворам щелочей; концентрацию растворов щелочей по рабочим титрованным растворам кислот; концентрацию растворов гидролитически кислых солей (11) по рабочим титрованным растворам щелочей; концентрацию гидролитически щелочных солей (11) по рабочим титрованным растворам кислот.

Так как реакции нейтрализации обычно не сопровождаются каким-либо внешним эффектом, точку эквивалентности при титровании фиксируют на глаз по изменению цвета добавленного к титруемому раствору индикатора. В методе нейтрализации применяются кислотно-основные индикаторы, изменение цвета которых происходит при изменении реакции среды. Наиболее распространенными индикаторами метода нейтрализации являются:

Таблица 1 – Кислотно-основные индикаторы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Индикатор | Интервал перехода pH | Окраска молекулярной формы | Окраска ионной формы | Окраска в интервале перехода |
| 1 | Метиловый оранжевый | 3,1 – 4,4 | красная | желтая | оранжевая |
| 2 | Метиловый красный | 4,4 – 6,2 | красная | желтая | оранжевая |
| 3 | Фенолфталеин | 8,0 – 10,0 | бесцветная | малиновая | бесцветная – бледно-розовая |
| 4 | Лакмус | 5,0 – 8,0 | красная | синяя | фиолетовая |

**2.2 Приготовление рабочего титрованного раствора щавелевой кислоты**

Химически чистый двухводный кристаллогидрат щавелевой кислоты удовлетворяет требованиям, предъявляемым к исходным веществам для получения приготовленных титрованных растворов. Поэтому порядок приготовления рабочего титрованного раствора этого вещества таков:

1) рассчитать навеску, необходимую для получения 100 мл раствора с нормальной концентрацией 0,1 моль/л;

Для правильного определения z составить структурную формулу вещества. Расчет навески в граммах выполнить с точностью до 0,0001 г;

2) взвесить на аналитических весах на часовом стекле навеску, близкую к рассчитанной, с точностью до 0,0001 г. При взвешивании вести подробную запись;

3) перенеся навеску с часового стекла (по всем правилам перенесения) в мерную колбу на 100 мл, растворить в небольшом объеме дистиллированной воды, после чего довести объем раствора до метки, закрыть колбу пробкой и тщательно перемешать раствор;

4) рассчитать точную концентрацию (титр и нормальную) приготовленного рабочего титрованного раствора щавелевой кислоты.

**2.3 Приготовление рабочего титрованного раствора гидроксида натрия**

Кристаллический гидроксид натрия по свойствам не является веществом, пригодным для получения титрованного раствора, так как при хранении взаимодействует с углекислым газом и влагой воздуха с образованием карбонатов и бикарбонатов на поверхности кристаллов. Следовательно, вначале можно получить раствор примерной концентрации, а затем установить его точную концентрацию с помощью рабочего титрованного раствора какой-то кислоты, например, щавелевой.

Учитывая сказанное, можно рекомендовать такой порядок приготовления рабочего титрованного раствора щелочи:

1) рассчитать навеску гидроксида натрия для получения 250 мл раствора с молярной концентрацией 0,1 моль/л и увеличить ее на 30%;

2) взвесить навеску NaOH на технохимических весах рассчитанную (с увеличением) массу NaOH с точностью до 0,01 г;

3) перенести навеску NaOH в сухую мерную колбу, прилить небольшой объем дистиллированной воды (~ 5,0 мл), быстро ополоснуть кристаллы и слить раствор. Это необходимо для удаления с поверхности кристаллов едкого натра карбонатов и бикарбонатов;

4) растворить NaOH в свежей порции дистиллированной воды, довести объем раствора до метки водой, закрыть колбу пробкой и тщательно перемешать раствор;

5) трижды оттитровать порции приготовленного раствора щавелевой кислоты раствором щелочи в присутствии фенолфталеина до бледно-розовой окраски, появляющейся от одной капли титранта и не исчезающей в течение 30 сек. Для каждого титрования брать по 10,0 мл приготовленного раствора щавелевой кислоты. После каждого титрования записывать объем затраченного раствора гидроксида натрия (V1 (NaOH), V2 (NaOH), V3 (NaOH)) и вычислить средний, если объёмы NaOH отличаются не более чем на 0,2 мл. В противном случае число титрований увеличить;

6) перед каждым новым титрованием дополнять бюретку титрантом до нулевого уровня;

7) составить уравнение реакции, протекающей при титровании;

8) рассчитать по результатам титрования на основании закона эквивалентов молярную концентрацию (для NaOH она совпадает с нормальной) и титр раствора едкого натра.

**2.4 Определение концентрации раствора соляной кислоты по установленному рабочему раствору щелочи**

2.4.1 Установить точную концентрацию имеющегося на рабочем столе раствора соляной кислоты, титруя не менее трех раз по 10,0 мл рабочего раствора щелочи раствором соляной кислоты в присутствии индикатора метилоранжа до перехода желтой окраски в светло-розовую от одной капли титранта.

После каждого титрования записать объем затраченного раствора HCl и вычислить средний, если отличаются друг от друга не более, чем на 0,2 мл. В противном случае число титрований увеличить.

2.4.2 Перед каждым титрованием дополнить бюретку раствором соляной кислоты до нулевого деления.

2.4.3 Составить уравнение реакции, протекающей при титровании.

2.4.4 Рассчитать по результатам титрования на основании закона эквивалентов молярную концентрацию и титр раствора соляной кислоты. (Молярная и нормальная концентрации раствора соляной кислоты совпадают).

**Расчётные формулы:**

1. Т (Н2С2О4 · 2Н2О) = m (Н2С2О4 · 2Н2О)/ V(Н2С2О4);
2. C (½Н2С2О4 · 2Н2О) = Т (Н2С2О4 · 2Н2О) · 1000/ · M (½Н2С2О4 · 2Н2О);
3. C (NaOH)/ C (½Н2С2О4 · 2Н2О) =V (Н2С2О4)/ V(NaOH);
4. Т (NaOH) = С (NaOH) · М(NaOH ) / 1000;
5. C (НСl)/ C(NaOH) =V (NaOH)/ V(НСl);
6. Т (НСl) = С (НСl) · М(НСl)/ 1000;

**3 Лабораторная работа № 2**

**Метод нейтрализации. Количественное определение карбонатов и**

**бикарбонатов в растворе**

Метод нейтрализации используется не только для определения концентраций кислот и щелочей, но также для количественного определения солей, которые в растворе при гидролизе создают либо кислую, либо щелочную среду.

**3.1 Количественное определение содержания карбоната натрия в растворе**

Раствор соды вследствие гидролиза имеет щелочную реакцию среды:

Na2CO3 + HOH ↔ NaHCO3 + NaOH,

т.е. в водном растворе этой соли устанавливается равновесие:

CO32- + HOH ↔ HCO3- + OH- (1)

При титровании раствора карбоната натрия соляной кислотой в первую очередь нейтрализуется вся щелочь, которая образовалась в результате гидролиза.

Na2CO3 + HOH ↔ NaHCO3 + NaOH

NaOH + НСl → NaСl + НОН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Na2CO3 + НСl → NaСl + NaHCO3 (2)

0,1 н. раствор карбоната натрия имеет pH = 11,5 (см. уравнение 1), фенолфталеин в таком растворе имеет ярко-малиновый цвет.

При титровании кислотой щелочность раствора понижается, pH уменьшается.

В момент полной нейтрализации щелочи, т.е. полного превращения карбоната натрия в гидрокарбонат, получившийся ~ 0,1 н. раствор последнего имеет pH = 8,4.

Если титровать раствор соды соляной кислотой в присутствии фенолфталеина, который имеет интервал перехода малиновой окраски в бесцветную от pH = 9,8 до pH = 8,0, то в момент полного перехода цвет фенолфталеина будет еще розовым (pH = 8,4). От одной лишней капли кислоты раствор станет бесцветным. Следовательно, в присутствии фенолфталеина карбонат натрия титруется только до перехода в бикарбонат, иными словами, карбонат натрия титруется наполовину.

В соответствии с приведенным выше уравнением (2), число эквивалентности в этой реакции равно 1, т.е.

M (1/z Na2CO3) = M (Na2CO3) = 106 г/моль

Таким образом, определяя концентрацию раствора по результатам титрования с фенолфталеином, находят точку эквивалентности, соответствующую переходу карбоната натрия в гидрокарбонат. Поэтому при расчете нормальной концентрации карбоната натрия надо объем затраченного раствора соляной кислоты удвоить.

При дальнейшем титровании гидрокарбонат натрия реагирует с соляной кислотой и наступает вторая точка эквивалентности, соответствующая полной нейтрализации (образование Н2CO3).

Na2CO3 + НСl ↔ NaHCO3 + NaСl (3)

NaHCO3 + НСl ↔H2CO3 + NaСl

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

СО2

Na2CO3 + 2НСl → NaСl + H2CO3  (4)

Н2О

Во второй точке эквивалентности pH раствора будет равен 3,84, т.к. в этот момент в колбе находится ~ 0,05 н. раствор. Титрование до второй точки эквивалентности следует вести в присутствии индикатора метилоранжа, интервал перехода которого от pH = 4,4 до pH = 3,1. Изменение желтой окраски метилоранжа в оранжево-розовую наступит только после полной нейтрализации карбоната и гидрокарбоната натрия. В соответствии с уравнением (3) число эквивалентности Z (Na2CO3)=2, молярная масса эквивалента Na2CO3 в реакции полной нейтрализации:

M (1/z Na2CO3) =½ M (Na2CO3) = 0,5 · 106 = 53 г/моль

**3.2 Количественное определение содержания карбоната натрия в растворе с фенолфталеином**

3.2.1 Отмерьте пипеткой из общей склянки 10 мл раствора соды в мерную колбу на 100 мл, разбавьте его водой до метки, закройте пробкой и тщательно перемешайте.

3.2.2 Трижды оттитруйте порции этого раствора по 10 мл титрованным рабочим раствором соляной кислоты в присутствии индикатора фенолфталеина до почти полного его обесцвечивания. Запишите V1 (HCl), V2 (HCl), V3 (HCl) и вычислите средний объем.

3.2.3 Вычислите нормальную концентрацию раствора соды, его титр и массу соды в 100 мл раствора. При этом необходимо помнить, что средний объем соляной кислоты эквивалентен половине карбоната натрия в титруемом растворе.

**3.3 Количественное определение содержания карбоната натрия в растворе с метиловым оранжевым**

3.3.1 Определение провести так же, как и в предыдущем случае (п.п. 3.2.1-3.2.2), только в титруемый раствор добавить в качестве индикатора 1-2 капли метилового оранжевого. Титровать трижды до перехода желтой окраски в оранжево-розовую (т.е. до образования H2CO3, до второй точки эквивалентности).

3.3.2 Вычислить нормальную концентрацию раствора карбоната натрия, его титр, массу соды в 100 мл раствора и сравнить с результатами, полученными при титровании с фенолфталеином.

**4 Лабораторная работа № 3**

**Оксидиметрия. Перманганатометрия. Приготовление рабочего титрованного раствора перманганата калия**

**4.1 Перманганатометрия**

Оксидиметрия или окислительно-восстановительное титрование является одним из методов объемного химического количественного анализа аналитической химии. Оксидиметрия основана на использовании в целях анализа окислительно-восстановительных реакций.

Перманганатометрия – это частный случай оксидиметрии, основанный на применении раствора перманганата калия в качестве рабочего титрованного раствора.

Перманганат калия KMnO4 в химических реакциях служит окислителем. Растворы перманганата калия окрашены в розово-фиолетовый цвет, присущий аниону MnO4-. Под действием восстановителей степень окисления марганца (+7) в перманганате уменьшается до (+2) в кислой среде, до (+4) в нейтральной или слабощелочной или до (+6) в щелочной среде. При этом образуются соединения марганца иного вида, чем перманганат. Например, в нейтральной среде образуется осадок MnO2, а в щелочной – зеленый раствор MnO42-.

Титрование раствором перманганата чаще всего осуществляют в кислой среде, в которой ионы, имеющие розово-фиолетовый цвет, под действием восстановителей восстанавливаются до бесцветных катионов. Каждая капля раствора, взятого в качестве титранта, обесцвечивается до тех пор, пока в титруемом растворе еще имеется восстановитель. Как только восстановитель в титруемом растворе прореагирует полностью, одна лишняя прибавленная капля перманганата окрасит раствор в колбе в бледно- розовый цвет. Таким образом, для фиксирования точки эквивалентности при титровании в перманганатометрии специальный индикатор не требуется. Индикатором является лишняя после точки эквивалентности капля раствора.

Перманганатометрия используется для количественного определения восстановителей.

**4.2 Приготовление рабочего титрованного раствора перманганата калия**

По свойствам кристаллический перманганат калия не относится к исходным веществам, поэтому точную концентрацию раствора устанавливают путем титрования. Рабочим раствором, пригодным для установления точной концентрации, может быть приготовленный титрованный раствор щавелевой кислоты, являющийся восстановителем. В процессе получения титрованного раствора необходимо учесть, что это вещество лучше растворяется в горячей воде, а концентрация его в первые дни после приготовления изменяется вследствие медленного окисления перманганатом восстановителей и микроорганизмов, возможно содержащихся в дистиллированной воде. Некоторые продукты этой химической реакции, например, MnO2 нерастворимы.

Учитывая сказанное, можно рекомендовать порядок приготовления рабочего титрованного раствора:

1) рассчитать массу перманганата калия, необходимую для получения 1 л раствора с молярной концентрацией эквивалента равной 0,1 моль/л;

2) взвесить кристаллический перманганат калия на технохимических весах с точностью до 0,01 г, перенести в мерную колбу на 1,0 л, растворить в горячей дистиллированной воде, охладить, довести объем раствора до метки дистиллированной водой комнатной температуры;

3) дать раствору постоять в темном месте 7-10 дней;

4) раствор перманганата отфильтровать через стеклянный фильтр или слить с помощью сифона в чистую сухую склянку;

5) для установления точной концентрации раствора приготовить 100 мл 0,1 моль/л раствора щавелевой кислоты. Способ приготовления известен из работы по методу нейтрализации. В отчете по данной работе записать расчет навески, все данные при взвешивании на аналитических весах, расчет точной концентрации;

6) установить точную концентрацию раствора по рабочему титрованному раствору щавелевой кислоты путем титрования в кислой среде. Для титрования раствором перманганата калия желательно применять бюретки со стеклянными кранами, т.к. перманганат окисляет резину.

Бюретку ополоснуть и заполнить раствором перманганата калия. В коническую колбу для создания кислой среды налить 5 мл раствора серной кислоты (1:4) и 10 мл приготовленного раствора щавелевой кислоты. Жидкость в колбе нагреть на водяной бане до 70-800С, но не до кипения, т.к. при кипении щавелевая кислота разлагается. Нагревание раствора ускоряет реакцию. Прикапывание раствора перманганата к горячему раствору щавелевой кислоты проводить сначала медленно, т.к. первые капли обесцвечиваются не сразу. Не следует прибавлять в раствор следующую каплю, пока предыдущая не обесцветится. Как только в растворе образуется небольшое количество ионов двухвалентного марганца, который является катализатором в этой реакции, дальнейшее обесцвечивание происходит почти мгновенно. Титрование заканчивается в тот момент, когда содержимое колбы примет едва заметный на белом фоне бледно-розовый цвет от одной капли раствора KMnO4.

Титрование повторить трижды, записать V1(KMnO4), V2(KMnO4), V3(KMnO4) и вычислить средний объем;

7) составить уравнение реакции, протекающей при титровании. Коэффициенты подобрать одним из известных способов;

8) вычислить нормальную концентрацию и титр раствора перманганата калия;

9) установленный титрованный раствор KMnO4 сохранить для выполнения следующих лабораторных работ;

10) для самоконтроля составить уравнение реакций при титровании перманганатом в нейтральной и щелочной средах. Вычислить для этих случаев молярные массы эквивалентов перманганата калия.

**Расчётные формулы:**

1) 

2) 

3) 

4) 

**5 Лабораторная работа № 4**

**Перманганатометрия. Определение массовой доли железа в соли Мора**

Метод перманганатометрии может быть использован для количественного определения железа в его соединениях. Сущность реакции

заключается в том, что соли, содержащие Fe2+, окисляются перманганатом в соли, содержащие Fe3+. Окислительно-восстановительная реакция осуществляется в кислой среде при обычной температуре.

**5.1 Ход определения**

5.1.1 Составить уравнение реакции между сульфатом железа (II) и перманганатом калия в сернокислой среде.

5.1.2 Пользуясь составленным уравнением, определить числа эквивалентности, факторы эквивалентности, молярные массы эквивалентов сульфата железа (II), перманганата калия и Fe2+.

5.1.3 Составить уравнение реакции между солью Мора, имеющей формулу и перманганатом калия в сернокислой среде.

5.1.4 Вычислить молярную массу эквивалента соли Мора.

5.1.5 Рассчитать навеску соли Мора для получения 100 мл 0,01 моль/л раствора.

5.1.6 Взвесить на аналитических весах навеску соли Мора, близкую к рассчитанной, с точностью до 0,0001 г. Числовые данные при взвешивании записать.

5.1.7 Перенести навеску соли Мора в мерную колбу на 100 мл по всем правилам перенесения навески.

5.1.8 Растворить навеску в небольшом количестве воды, добавить 5 мл раствора серной кислоты (1:4) для предупреждения гидролиза соли Мора и довести объем раствора до метки водой. Закрыть пробкой и тщательно перемешать.

5.1.9 Путем разбавления в 10 раз приготовить ~ 0,01 моль/л раствор перманганата калия из полученного ранее ~ 0,1 моль/л раствора. Вычислить концентрацию разбавленного раствора.

5.1.10 Оттитровать не менее трех раз по 10 мл раствора соли Мора раствором перманганата калия, добавляя каждый раз по 5 мл раствора серной кислоты (1:4). Записать затраченные объемы раствора перманганата и вычислить средний.

5.1.11 Вычислить нормальную концентрацию раствора соли Мора, и массу Fe2+ в объеме раствора 100 мл.

5.1.12 Вычислить массовую долю Fe2+ в соли Мора по результатам титрования и теоретическую, сравнить их и результаты сравнения выразить в виде абсолютной и относительной ошибок.

**Расчётные формулы:**

1)

2) 

3)

4)

5) 

6) 

7) %

**6 Лабораторная работа № 5**

**Оксидиметрия. Иодометрия. Приготовление рабочего титрованного раствора тиосульфата натрия. Определение массовой доли меди в медном купоросе методом иодометрии.**

**6.1 Сущность метода иодометрии**

Иодометрия – один из окислительно-восстановительных методов объемного анализа, основан на использовании окислительно-восстановительных свойств иода.

Атомы иода, принимая электроны от веществ – восстановителей, ведут себя в реакциях как окислители:

I2o +2е → 2 I-

Анионы иода, напротив, легко отдают свои электроны веществам-окислителям и, следовательно, играют в реакциях роль восстановителей:

2 I- -2e → I2o

Эти окислительно-восстановительные свойства иода и его ионов лежат в основе иодометрии.

Например, при взаимодействии иода с тиосульфатом натрия происходит реакция:

I2 + 2Na2S2O3 → 2NaI + Na2S4O6 – тетратионат натрия

S2O3 2- - 2е → S4O6 2- Z(Na2S2O3) = 1

I2  +2е → 2 I- Z (I2) = 2

Внешним признаком рассмотренной реакции является обесцвечивание бурого раствора иода. Точка эквивалентности при титровании устанавливается с помощью крахмала, играющего в этом случае роль индикатора (переход от синего к бесцветному).

Иодометрия чаще применяется для количественного определения окислителей. Титрование ведется, как правило, методом заместителя.

Титрование заместителя применяют, когда нет подходящей реакции или индикатора для прямого титрования.

При титровании заместителя анализируемое вещество (А) и рабочее вещество (Р) между собой непосредственно не взаимодействуют. Вначале одно из них, например, А, взаимодействует с каким-то третьим веществом (В), взятым в избытке, а получившийся при этом взаимодействии продукт (Пзам.) (он и есть заместитель) оттитровывается рабочим раствором (Р).

Т.е. количество вещества эквивалента анализируемого раствора равно количеству вещества эквивалента рабочего раствора, хотя они между собой непосредственно не взаимодействуют.

В качестве рабочего раствора в иодометрии применяют титрованный рабочий раствор тиосульфата натрия, установка точной концентрации которого осуществляются по перманганату калия тоже методом иодометрии.

Рассмотрим метод титрования заместителя на примере установки точной концентрации раствора по перманганату калия.

Тиосульфат натрия, как активный восстановитель, нельзя титровать по ряду причин раствором такого сильного окислителя, как перманганат калия. Однако тиосульфат натрия с успехом можно применять для титрования слабого окислителя.

**6.2 Приготовление рабочего раствора тиосульфата натрия**

Кристаллогидрат тиосульфата натрия по свойствам не относится к исходным веществам, т.к. кристаллизационная вода сравнительно легко выветривается в воздухе. Получить титрованный раствор растворением точной навески невозможно, поэтому сначала готовят раствор с приблизительной концентрацией, а затем устанавливают точную по рабочему титрованному раствору перманганата калия.

Этапы приготовления:

1) рассчитать навеску тиосульфата натрия, необходимую для приготовления 100 мл 0,05 н. раствора;

2) взять навеску, близкую к рассчитанной, на технохимических весах с точностью до 0,01 г;

3) перенести навеску тиосульфата натрия в мерную колбу объемом 100 мл, растворить сначала в небольшой порции воды, затем довести объем раствора до метки водой, закрыть пробкой и хорошо перемешать;

4) имеющийся в общей склянке на рабочем столе раствор перманганата калия разбавлен заранее в 2 раза. Нужно вычислить его концентрацию, пользуясь результатами установки раствора перманганата калия по щавелевой кислоте (в одной из предыдущих работ);

5) в коническую колбу объемом 250 мл последовательно поместить 10-15 мл 10%-го раствора иодида калия, 10-20 мл 20%-го раствора серной кислоты и точно 10 мл титрованного рабочего раствора перманганата калия (п.4.), накрыть часовым стеклом. Колбу защитить от прямых солнечных лучей и выдержать 5 минут для завершения реакции;

6) составить уравнение окислительно-восстановительной реакции, протекающей в колбе;

7) добавить к содержимому колбы 100 мл воды;

8) титровать раствор иода в колбе раствором тиосульфата натрия до перехода темно-бурой окраски в соломенно – желтую;

9) прилить в колбу 3,0 мл раствора крахмала и быстро, но по каплям продолжать титрование до исчезновения синей окраски от одной избыточной капли раствора тиосульфата натрия;

10) замерить и записать объем затраченного на титрование раствора тиосульфата натрия;

11) вычислить точную нормальную концентрацию раствора тиосульфата натрия и его титр.

**6.3 Определение массовой доли меди в медном купоросе методом иодометрии**

Йодометрическое определение меди в медьсодержащих веществах основано на взаимодействии катионов Cu2+ с анионом I-.

CuSO4 + KI → CuI + I2 + K2SO4 (5)

Выделившийся свободный I2 (заместитель Cu2+) титруется рабочим раствором тиосульфата натрия:

I2 + Na2S2O3 ↔ NaI + Na2S4O6  (6)

Схемы (5) и (6) запишите уравнениями реакций, подобрав коэффициенты любым известным способом. Пользуясь составленными уравнениями, выясните, чему равны числа эквивалентности сульфата меди (следовательно, и медного купороса), иона Cu2+ и тиосульфата натрия в этих реакциях.

Из (5) и (6) следует:

n (1/zCu2+) = n (1/zI2) = n (1/zNa2S2O4)

Ход определения:

1) получить у преподавателя или лаборанта контрольный объем раствора медного купороса в мерную колбу на 100 мл и добавить 3 мл 2 н. раствора серной кислоты. Довести до метки водой, закрыть пробкой и тщательно перемешать;

2) в коническую колбу объемом 100 мл последовательно внести 10 мл 25%-го раствора иодида калия и точно 10 мл анализируемого раствора медного купороса;

3) накрыть смесь в колбе часовым стеклом и поставить в темное место на 10 мин для завершения реакции, т.е. до полного окисления иодид-иона в свободный иод;

4) выделившийся иод оттитровать раствором тиосульфата натрия до перехода темно-бурой окраски в соломенно-желтую;

5) прилить в колбу 3,0 мл раствора крахмала и быстро, но по каплям закончить титрование, признаком чего служит исчезновение синей окраски крахмала от одной избыточной капли тиосульфата;

6) замерить и записать объем затраченного на титрование раствора тиосульфата натрия;

7) повторить титрование еще 2 раза (п.п. 3-6);

8) вычислить средний объем раствора тиосульфата натрия, затраченный на титрование;

9) по закону эквивалентов вычислить нормальную концентрацию и титр раствора медного купороса;

10) вычислить массы Cu2+ и CuSO4·5H2O в контрольном растворе;

11) вычислить массовую долю меди в медном купоросе по результатам титрования;

12) вычислить теоретическую массовую долю меди в медном купоросе;

13) сравнить практически полученный результат и теоретическое значение массовой доли. Вычислить относительную ошибку определения;

14) подвести итог работы по форме:

Таблица 2 – Результаты определения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Определяемая величина | Единицы измерения | Числовое значение |
| m(Cu2+)  m(CuSO4·5H2O)  ω(Cu2+) в CuSO4·5H2O практ.  ω(Cu2+) в CuSO4·5H2O теор.  относительная ошибка определения | г  г  безразмер.  безразмер.  % |  |

**Расчётные формулы:**

1) 

2) 

3) 

4) 

5)  6) 

7) ; 8) 

**7 Лабораторная работа № 6**

**Дихроматометрия**

В дихроматометрии стандартным раствором является дихромат калия. Его можно приготовить по точной навеске, так как он легко очищается перекристаллизацией из водного раствора и долго сохраняет концентрацию постоянной. В кислой среде дихромат является сильным окислителем и применяется для определения восстановлением до хрома (III):

Cr2O72- +14H+ +6e = 2Cr3+ +7H2O

E0 (Cr2O72-/2Cr2+) = 1,33 В

При титровании дихроматом калия применяют окислительно – восстановительные индикаторы – дифениламин, дифенилбензидин и т.п.

**7.1 Определение железа**

Титрование железа (II) основано на реакции:

6Fe2++Cr2O72-+14H+= 6Fe3++2Cr3++7H2O

В процессе титрования повышается концентрация ионов железа (III), и потенциал системы Fe3+/ Fe2+ возрастает, что приводит к преждевременному окислению индикатора дифениламина. Если прибавить к титруемому раствору фосфорную кислоту, то окраска индикатора резко изменяется в конечной точке титрования. Фосфорная кислота понижает окислительно – восстановительный потенциал системы Fe3+/ Fe2+, образуя устойчивый комплекс с ионами железа (III).

Растворы солей железа (II) часто содержат ионы железа (III), поэтому перед титрованием ионы железа (III) необходимо восстановить. Для восстановления применяют металлы (цинк, кадмий и др.), SnCl2, H2S, SO2 и другие восстановители.

Реагенты:

Дихромат калия, К2Cr2О7, 0,0500 М стандартный

раствор.

Соляная кислота, НCl, концентрированная с пл. 1,17.

Серная кислота, Н2SО4, концентрированная с пл. 1,84.

Фосфорная кислота, Н3РО4, концентрированная с пл. 1,7.

Цинк металлический, гранулированный.

Индикатор дифениламин, 1%-ный раствор в конц. Н2SО4.

Ход определения.

Аликвотную часть анализируемого раствора 10,00 мл пипеткой переносят в коническую колбу для титрования вместимостью 100 мл, добавляют 5 мл конц. НCl. Закрывают колбу маленькой воронкой, вносят 3 – 4 гранулы металлического цинка и нагревают на песочной бане (реакция должна идти не очень бурно) до обесцвечивания раствора и полного осаждения цинка. Охлаждают под струёй холодной воды, добавляют 3 – 4 мл Н2SО4, охлаждают, добавляют 5 мл Н3РО4, 15 – 20 мл дистиллированной воды, 2 капли раствора дифениламина и тируют раствором дихромата калия до появления синей окраски.

**8 Лабораторная работа № 7**

**Определение железа с трилоном Б**

В сильнокислой среде при рН<0,9 комплексы железа (III) с трилоном Б (ЭДТА) образуются в соответствии с уравнением:

Fe3++H5Y+=FeHY+4H+

При рН>1,3 преобладает комплекс FeY- с константой устойчивости 1,26·1025 (ионная сила 0,1; 20 0С).

Комплексонат железа (II) значительно менее устойчив (константа устойчивости 2,0·1014 в тех же условиях) и крайне неустойчив по отношению к окислителям. Уже кислородом воздуха он окисляется до комплексоната железа (III). Поэтому комплексонометрически определяют только железо (III). В качестве металлоиндикаторов используют тайрон, салициловую или сульфосалициловую кислоты, гидроксамовые кислоты. Эти индикаторы в растворах бесцветны, но образуют с железом (III) интенсивно окрашиваемые комплексы: красного цвета с тайроном, фиолетового цвета с салициловой или сульфосалициловой кислотами, сине-фиолетового – с гидроксамовой кислотой.

Реагенты:

ЭДТА, 0,0500 М стандартный раствор.

Металлоиндикатор: сульфасалициловая кислота, 25%-ный водный раствор.

Соляная кислота, НCl, 1 М, 2 М растворы и концентрированная с пл. 1,17.

Азотная кислота, HNO3, концентрированная с пл. 1,4.

Аммиак, NH3, 10%-ный раствор.

Ход определения.

Анализируемый раствор в мерной колбе вместимостью 100 мл и содержащий 100 – 200 мг Fe2O3, разбавляют до метки дистиллированной водой и хорошо перемешивают. Аликвотную часть 10,00 мл пипеткой переносят в коническую колбу для титрования вместимостью 100 мл, вводят 5 мл конц. HCl и 2 мл конц. HNO3 для окисления железа (II), накрывают колбу часовым стеклом, помещают на песочную баню и нагревают до кипения. Раствор нагревают 3 – 5 мин, не допускают бурного кипения, до оранжево-жёлтой окраски раствора. Колбу снимают с бани, ополаскивают над колбой часовое стекло водой и охлаждают под струёй холодной воды. Осторожно нейтрализуют раствором аммиака по каплям до изменения окраски из лимонно-жёлтой в жёлтую (появляется слабая неисчезающая муть). После этого вводят 1 – 2 капли 2 М HCl, 1 мл 1 М HCl, разбавляют дистиллированной водой до 50 мл и нагревают почти до кипения. В горячий раствор добавляют 4–5 капель раствора сульфосалициловой кислоты и титруют раствором ЭДТА до изменения окраски раствора из фиолетовой в чисто-жёлтую или лимонно-жёлтую. Вблизи конечной точки титрования раствор ЭДТА прибавляют медленно и следят, чтобы раствор во время титрования был горячим.

**9 Лабораторная работа № 8**

**Определение содержания уксусной кислоты в уксусе**

Способ основан на нейтрализации уксусной кислоты раствором гидроксида натрия. Для обоснованного выбора индикатора и учёта ошибок титрования необходимо построить кривую титрования, например, 0,1 моль/л уксусной кислоты раствором NaOH, т.е. вычислить рН в некоторых важных точках процесса титрования:

Оттитровано уксусной

кислоты, % 90 99 99,9 100 100,1 101

рН раствора 5,70 6,74 7,74 8,87 10 11

Для упрощения вычислений принимают, что объём пробы в процессе титрования практически не изменяется, и коэффициенты активности ионов приближаются к единице.

В стадиях процесса, соответствующих 90 – 99 % оттитрованной кислоты, в растворе присутствует некоторое количество ещё не оттитрованной кислоты и часть её, превращённая в соответствующую соль (ацетат натрия), т.е. титруемая жидкость представляет собой буферную систему, в которой рН изменяется относительно медленно несмотря на значительное уменьшение концентрации свободной кислоты. Для таких растворов рН вычисляют по формуле

рН = рКа - lg (скислоты/ссоли), (7)

рКа уксусной кислоты = 4,76.

Для точки, соответствующей например, 90 % оттитрованной кислоты (т.е. 90 % кислоты, превращается в ацетат натрия), имеют

рН = 4,76 - lg (0,01/0,09) = 5,70.

В точке стехиометричности, т.е. в момент, когда всё количество (100 %) кислоты, превращается в соль, вычисления проводят по формуле (8) для расчёта рН раствора соли, образованной слабой кислотой и сильным основанием:

рН = 7 + 0,5рКа + 0,5 lgссоли (8)

в данном случае рН = 7 + 4,76/2 + 0,5 lg0,1 = 8,87.

По полученным значениями рН строят кривую титрования. Для выбора индикатора достаточно вычислить значение рН раствора в точке стехиометричности, т.е. при 100% оттитрованной (нейтрализованной) уксусной кислоты.

Точке стехиометричности соответствует рН раствора, равный 8,87. Отсюда можно заключить, что при титровании уксусной кислоты следует применять в качестве индикатора фенолфталеин, резкое изменение окраски которого наблюдается при рН ≈ 9.

Если считать, что ошибка титрования 0,1 моль/л растворов не должна превышать 0,1 % от определяемой концентрации, то в соответствии с приведёнными выше значениями рН в процессе титрования уксусной кислоты раствором NaOH при данном титровании можно пользоваться индикаторами, рТ которых находится в пределе 7,7 – 10.

Необходимые реактивы и оборудование

1. Гидроксид натрия, 0,1 моль/л раствор.
2. Фенолфталеин, 1 мас. % -ный спиртовой раствор; 1 г фенолфталеина растворяют в 70 мл 95 мас. %-ного эталона и добавляют 30 мл воды.
3. Бюретка вместимостью 25 мл.
4. Пипетка вместимостью 10 мл.
5. Колба мерная вместимостью 100 мл.
6. Колба для титрования вместимостью 250 мл.

Ход определения.

В мерную колбу емкостью 100 мл с помощью пипетки переносят 10,0 мл анализируемого уксуса, разбавляют дистиллированной водой до метки и перемешивают. Отбирают пипеткой 10,0 мл полученного раствора и помещают в колбу для титрования. Добавляют 1 – 2 капли фенолфталеина и титруют гидроксидом натрия до появления розовой окраски, не исчезающей при перемешивании титруемой жидкости.

1 мл 0,1 моль/л раствора NaOH соответствует 0,0060 г уксусной кислоты. Содержание уксусной кислоты (m, г/100 мл уксуса) рассчитывают по формуле

m = (V(NaOH)·С(NaOH)∙0,06∙100∙100)/V1V2= V(NaOH) ·С(NaOH)·600/ V1V2,

где V (NaOH) – объём раствора NaOH, израсходованный на титрование, мл; С (NaOH) – концентрация раствора NaOH, моль/л; V2 – объём разбавленного раствора уксуса, взятый для анализа, мл; V1 – объём разбавленного раствора уксуса, взятый для титрования, мл.

Содержание уксусной кислоты в уксусе выражают массой её, содержащейся в 100 мл уксуса (ώ (CH3COOH)).

Уксус должен содержать около 6 мас. % уксусной кислоты, тогда на титрование в указанных условиях расходуется приблизительно 10 мл 0,1 моль/л раствора гидроксида натрия.

**10 Лабораторная работа № 9**

**Определение степени гидролиза методом измерения рН раствора**

Количественно реакция гидролиза оценивается величинами степени гидролиза h – долей электролита, подвергнувшейся гидролизу, и константы гидролиза Кг. Обе величины связанны следующим соотношением:

Кг = h2с / (1 - h) (9)

где с – молярная концентрация соли, моль/л.

В случае, когда степень гидролиза в растворе невелика (h < 0,01), при вычислениях пользуются приближёнными выражениями

Кг = h2с

или

h = Кг/с, (10)

Если известны концентрации ионов водорода Δ[Н+] или гидроксида Δ[ОН-], образующихся за счёт реакции гидролиза, и исходная концентрация соли [МеА], то степень гидролиза рассчитываются hi с помощью следующих выражений:

h = Δ[Н+]/[МеА] (11),

h = Δ[ОН-]/[МеА] (12)

Обозначив концентрации ионов водорода в растворе соли [Н+]соли и в воде [Н+]Н2О, получим

Δ[Н+] = [Н+]cоли - [Н+]воды  (13)

[Н+]соли и [Н+]Н2О можно рассчитывать, если известны величины рН в растворе соли и в воде, так как

рН = -lg[Н+] (14).

Пример: Предположим, значение рН для воды равно 6,5. Тогда lg[Н+] = -6,5. По данному логарифму находим число (антилогарифм), характеризующее концентрацию ионов водорода в воде: [Н+]Н2О = 3,2∙10-7 моль/л. Зная величину ионного произведения воды Кw

Кw = [Н+]∙[ОН-] = 10-14  (15),

рассчитывают

[ОН-] = 10-14/3,2∙10-7 = 3,1∙10-7 моль/л.

При рН раствора соли равном 2,8 lg[Н+] = -2,8. Концентрация ионов [Н+] в растворе соли будет

[Н+]соли = 1,6∙10-3 моль/л,

а Δ[Н+] = 1,6∙10-3 - 3,2∙10-3 = 1,59968∙10-3 моль/л.

Если исходная концентрация соли равна 0,1 моль/л, то степень гидролиза:

h = 1,9968∙10-3/0,1 = 1,6 %.

рН испытуемого раствора соли измеряется с помощью прибора рН-метра. Измерение рН основано на определении электродвижущей силы (э.д.с.) электрохимической цепи, состоящей из двух электродов. Потенциал электрода является логарифмической функцией концентрации ионов водорода:



Следовательно, измерив величину э.д.с., можно определить величину рН исследуемого раствора.

Порядок работы.

Измерить величину рН раствора испытуемой соли (FeCl3, Na2CO3 и др.) и определить степень гидролиза этой соли.

Для этого сначала измерить на рН-метре рН дистиллированной воды, а затем рН испытуемой соли. Используя уравнение (14), рассчитать концентрацию ионов водорода (концентрацию ионов гидроксила рассчитывают по уравнению (15))в воде и в растворе соли, а затем по уравнению (13) рассчитать величину Δ[Н+]. По уравнению (11) (или (12) в случае щелочной среды) рассчитать степень гидролиза соли.

**11 Лабораторная работа № 10**

**Метод комплексообразования. Трилонометрия. Определение общей**

**жёсткости воды методом комплексонометрии**

**11.1 Сущность метода комплексообразования**

Метод комплексообразования или комплексонометрическое титрование – один из методов объёмного химического количественного анализа аналитической химии, основан на применении в целях анализа реакции образования комплексных соединений при взаимодействии анализируемых ионов с некоторыми органическими реагентами, называемыми комплексонами.

В аналитической химии часто применяют комплексон – двунатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты

HOOCH2C CH2COOH

N ─ CH2 ─ CH2 ─ N

NaOOCH2C CH2COONa

Это вещество имеет другие названия: комплексон III, трилон Б.

При взаимодействии этого комплексона с ионами металлов образуются внутрикомплексные соединения (хелаты), например:

О

О О О

С С

Cа2+

Н2С CH2

N ─ CH2 ─ CH2 ─ N

NaOOCH2C CH2COONa

Комплексоны катионов металлов с трилоном Б, как правило, бесцветны и очень прочны, они могут образовываться даже, если первоначально ион-комплексообразователь связан в другой, менее прочный комплекс.

Метод комплексонометрии с использованием в качестве рабочего раствора трилона Б называют трилонометрией.

**11.2 Применение метода трилонометрии для определения общей**

**жесткости воды**

В производственной практике комплексонометрическое титрование применяют для определения общей жесткости природной воды. Общая жесткость воды равна сумме количеств миллимоль – эквивалентов ионов кальция и магния, содержащихся в 1 л воды.

Для определения общей жёсткости к исследуемому объёму воды добавляют буферную смесь для создания щелочной среды (рН = 10) и раствор индикатора, например, эриохрома чёрного Т. Эриохром чёрный Т – органический азокраситель, диссоциирующий по типу кислоты, сокращенно его формулу можно представить как Н3Ind.

В растворе индикатора при рН = 7 – 11 устанавливается равновесие:

Н3Ind ↔ НInd 2- + 2 Н+

Этот индикатор с катионами Са2+ и Mg2+, образует винно-красные комплексные анионы, что можно схематично представить так:

Са2+  + НInd 2- → СаInd - + Н+

синий красный

Mg2+  + НInd 2- → MgInd - + Н+

синий красный

При титровании раствором трилона Б красные комплексы, как менее прочные, разрушаются, катионы кальция и магния переходят в более прочные бесцветные комплексы с трилоном Б, анионы же индикатора (синего цвета) освобождаются:

СаInd - + Na2[H2Yr] → Na2[CaYr] + НInd 2- + Н+ (16)

красный бесцвет. Бесцвет. синий

MgInd - + Na2[H2Yr] → Na2[MgYr] + НInd 2- + Н+ (17)

красный бесцвет. Бесцвет. Синий

В приведённых схемах:

Yr – символ этилендиаминтетраацетат-иона

-OOCH2C CH2COO-

N ─ CH2 ─ CH2 ─ N

-OOCH2C CH2COO-

НInd 2- - символ аниона индикатора, соответствующего его диссоциации в щелочной среде.

Из приведённых схем 1 и 2 видно, что в точке эквивалентности красная окраска раствора комплексов кальция и магния с индикатором сменяется синей окраской, которую придают раствору анионы индикатора.

**11.3 Приготовление рабочего титрованного раствора трилона Б**

11.3.1 Рассчитать навеску кристаллогидрата двунатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты Na2C10H14N2O8 · 2H2O, необходимую для приготовления 100 мл раствора с молярной концентрацией эквивалента 0,05 моль/л.

11.3.2 Взять навеску кристаллогидрата трилона Б на аналитических весах, соблюдая правила взвешивания и ведя соответствующую запись.

11.3.3 Перенести навеску в мерную колбу на 100,0 мл, соблюдая правила перенесения, растворить в небольшом объёме воды, довести объём раствора до метки и тщательно перемещать.

11.3.4 Рассчитать титр и молярную концентрацию эквивалента приготовленного рабочего раствора трилона Б.

**11.4 Ход определения общей жесткости воды**

11.4.1 Подготовить бюретку к титрованию, промыть её дистиллированной водой и небольшим объёмом рабочего раствора трилона Б.

11.4.2 Отмерить цилиндром в колбу для титрования 100 мл водопроводной воды, прилить 5,0 мл аммонийной буферной смеси для создания щелочной среды (рН = 10), прибавить по каплям раствор индикатора (хромогена чёрного) до появления хорошо заметной, но не очень тёмной розово-красной окраски.

11.4.3 Оттитровать воду рабочим раствором трилона Б до перехода розово-красной окраски.

11.4.4 Повторить титрование трижды, фиксируя затраченные объёмы рабочего раствора V1, V2, V3; вычислить средний объём.

11.4.5 Вычислить суммарную молярную концентрацию эквивалента ионов Са2+  и Mg2+  в анализируемой воде.

11.4.6 Перевести молярную концентрацию эквивалента ионов Са2+  и Mg2+ в миллимолярную концентрацию эквивалента. Это и будет жёсткость воды.

11.4.7 Полученный результат с точностью до сотых долей записать на доске, а к себе в тетрадь занести результаты определения жёсткости воды студентами всей группы. Вычислить средний результат. Сделать вывод о жёсткости анализируемой воды.

**Расчётные формулы:**

1) ;

2) ;

3) ;

где С1 = С (Na2C10H14N2O8 · 2H2O)

С2 = С (½Са2+ + ½ Mg2+), моль/л

Жесткость = С2 · 1000, ммоль/л

**12 Лабораторная работа № 11**

**Определение зольности пищевых кислот**

Ряд пищевых кислот, в том числе лимонную, молочную, винно-каменную, аскорбиновую и другие, используют в производстве безалкогольных напитков. Аскорбиновую кислоту применяют для витаминизации, молочную – при приготовлении кваса, винно-каменную – для сухих шипучих и нешипучих порошкообразных смесей, сорбиновую – для повышения стойкости напитков, поскольку она тормозит развитие дрожжей и грибков.

Экспериментальная часть.

Приборы и посуда: аналитические весы, тигли, муфельная печь.

Реактивы: пищевая кислота, раствор нитрата аммония (NH4NO3), 10 %.

Ход выполнения.

В фарфоровый тигель, прокаленный до постоянной массы, вносят кислоту (2-3г), взвешивают на аналитических весах. Ставят в муфельную печь, осторожно прогревая тигель. Затем поставить в среднюю часть муфеля, прокаливают в течение часа. Вынимают тигель, немного охлаждают и содержимое смачивают 2 – 3 каплями раствора нитрата аммония, после чего продолжают прокаливание ещё минут 10 – 15. Охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры, взвешивают, записав массу (m3’) прокаливание тигля в течение 5 – 10 минут повторяют до постоянной массы, каждый раз охлаждая в эксикаторе.

Результаты записывают в таблицу.

Таблица 3 - Результаты взвешивания тигля в ходе анализа

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показания | | Обозначение | Результаты взвешивания |
| Масса пустого тигля | | m1 |  |
| Масса тигля с навеской | | m2 |  |
| Масса тигля  с  золой | Результаты последовательного взвешивания до | m3´ |  |
| m3´´ |  |
| m3´´´ |  |
| постоянной массы | m3 |  |

Содержание золы вычисляется по формуле:

ω(золы) = (m3 – m1)·100/ ( m2 - m1)

Содержание золы в сухой кислоте не должно превышать 0,35%.

**13 Лабораторная работа № 12**

**Весовой анализ. Определение массовой доли бария в хлориде бария весовым методом осаждения**

Выполнение анализа весовым методом осаждения складывается из операций:

а) расчет навески и взятие ее на аналитических весах;

б) растворение навески;

в) осаждение искомого компонента (иона) в составе практически нерастворимого вещества;

г) отделение осадка от маточного раствора и отмывание его от адсорбционных примесей;

д) высушивание и прокаливание осадка;

е) охлаждение и взвешивание осадка;

ж) расчеты.

Ион Ва2+ обычно осаждают в виде ВаSО4 действием серной кислоты

Ва2+ + SО42- = ВаSО4

ВаCl2 + H2SO4 = ВаSО4↓ + 2HCl

Произведение растворимости ПР (ВаSО4) = 1,1∙10-10 моль/л.

**13.1 Взятие навески хлорида бария и растворение её**

13.1.1 Рассчитать навеску хлорида бария по уравнению реакции осаждения, исходя из оптимальной массы осадка 0,4 – 0,6 г.

13.1.2 Взять на аналитических весах навеску, близкую к расчетной, с точностью до 0,0001 г., ведя соответствующую запись.

13.1.3 Навеску перенести в стеклянный химический стакан с носиком емкостью 300 мл смыть со стекла остатки дистиллированной водой. Растворить навеску в 80 – 100 мл. воды.

13.1.4 Подкислить раствор хлорида бария 3,0 – 5,0 мл. раствора соляной кислоты (с (HCl) = 2 моль/л), что предупреждает коллоидообразование и способствует получению в дальнейшем более крупных кристаллов.

**13.2 Осаждение катиона бария**

13.2.1 Приготовить раствор осадителя, смешав 30,0 мл дистиллированной воды и 3,0 – 5,0 мл. раствора серной кислоты С (½H2SO4) = 2 моль/л в стакане емкостью 100,0 мл.

13.2.2 Анализируемый раствор и раствор осадителя нагреть на плитке почти до кипения, но не кипятить.

13.2.3 Провести осаждение иона бария. Для этого медленно, при постоянном перемешивании приливать по каплям горячий раствор серной кислоты к горячему раствору хлорида бария. Небольшую порцию раствора осадителя оставить для последующей проверки полноты осаждения.

При перемешивании стеклянной палочкой не касаться стенок и дна стакана. Палочку из раствора не вынимать до конца анализа.

13.2.4 Стакан с осадком поставит на горячую водяную баню и дать смеси отстояться.

Осаждение из горячего раствора и постепенное охлаждение на бане способствует образованию крупных кристаллов.

13.2.5 Когда раствор над осадком станет совершенно прозрачным, сделать пробу на полноту осаждения, для чего по стенке стакана прилить 2 – 3 капли оставленного ранее раствора осадителя. Если помутнение раствора над осадком не происходит, катион бария полностью осажден. В противном случае провести доосаждение по п.п. 13.2.3 – 13.2.5.

13.2.6 Стакан с осадком (не вынимая стеклянной палочки) закрыть чистым листом бумаги, написав на листе шифр группы и фамилию. Оставить в таком виде до следующего занятия.

**13.3 Прокаливание тигля до постоянной массы**

13.3.1 Чистый сухой нумерованный фарфоровый тигель прокаливать в муфельной печи 15 – 20 минут.

13.3.2 Перенести тигель тигельными щипцами в эксикатор и дать охладиться до комнатной температуры.

13.3.3 Взвесить тигель на аналитических весах с точностью до 0,0001 г. Массу и номер тигля записать в тетрадь.

13.3.4 Повторить прокаливание в течение 10 – 15 минут, охладить в эксикаторе и снова взвесить.

Если результат второго взвешивания отличается от первого не более, чем на 0,0002 г., можно считать, что постоянная масса достигнута. В противном случае прокаливание и взвешивание повторить еще раз.

**13.4 Фильтрование и промывание осадка**

13.4.1 Плотный беззольный фильтр «синяя лента» хорошо подогнать к воронке. Воронку с фильтром поместить в кольцо штатива и подставить под него чистый стакан так, чтобы носик воронки касался внутренней стенки стакана.

13.4.2 Декантировать всю прозрачную жидкость с осадка на фильтр по стеклянной палочке, направляя ее в центр воронки. Осадок не взмучивать и не переносить. Жидкость не доливать до среза фильтра на 3 – 5 мм. Палочку после приливания погружать в стакан, на стол не класть.

13.4.3 Приготовить промывную жидкость: нагреть в промывалке 250 – 300 мл дистил. воды с добавлением 4 – 5 капель раствора серной кислоты.

13.4.4 Осадок в стакане промывать от аниона хлора многократно порциями горячей промывной жидкости по 20 мл., взмучивая с этим объемом осадок, отстаивая его и сливая на фильтр почти прозрачный раствор над осадком.

Полноту отмывания контролировать действием раствора нитрата серебра на свежую порцию фильтрата, подкисленного азотной кислотой. При помутнении фильтрата промывание продолжать.

13.4.5 Когда осадок в стакане отмыт от ионов Cl-, осторожно (очень ответственный момент в работе) количественно перенести осадок на фильтр с небольшими порциями промывной жидкости. Следы осадка со стеклянной палочки и внутренних стенок стакана многократно смыть малыми порциями промывной жидкости и перенести на их фильтр.

13.4.6 Внутренние стенки стакана и стеклянную палочку обтереть небольшим кусочком фильтровальной бумаги и поместить этот кусочек в воронку с осадком.

13.4.7 Осадок на фильтре промыть несколько раз небольшим объемом дистиллированной воды (без серной кислоты) для удаления анионов SО42-.

Промывание закончить, когда собранная в чистую пробирку порция фильтрата перестанет давать муть сульфата бария при добавлении хлорида бария.

**13.5 Высушивание и прокаливание осадка**

13.5.1 Воронку с фильтром и осадком подписать карандашом по стеклу и сушить в сушильном шкафу при температуре 100 – 150 0С до свободного отставания фильтра от воронки.

13.5.2 Фильтр с осадком свернуть, чтобы осадок оказался внутри, поместить в фарфоровый тигель, прокаленный до постоянной массы, перенести в муфельную печь, при температуре 400 – 600 0С выдержать 20 – 30 минут, перенести в эксикатор и охладить до комнатной температуры, взвесит на аналитических весах, массу записать.

13.5.3 Прокаливание, охлаждение, взвешивание повторять до постоянной массы. (См. п.п. 13.4.3, 13.4.4). Достижение постоянной массы указывает на то, что химические процессы с участием сульфата бария при прокаливании завершаются.

ВаSО4  + 2С = ВaS + 2CO2

ВaS + 2 О2 = ВaSО4

**13.6 Вычисление результатов анализа**

1)  3) 

2)  4) 

5) ошибка = 

**14 Требования к рабочему журналу**

При проведении лабораторных работ по аналитической химии большое внимание уделяется ведению лабораторных журналов.

Студенты обязаны придерживаться определенных правил оформления рабочего журнала, заключающихся в следующем:

1. для журнала используется общая тетрадь, страницы нумеруются, проводятся поля;
2. записи ведутся подробно и аккуратно;
3. новая работа начинается с новой страницы;
4. каждая работа имеет название, соответствующее плану лабораторных занятий; на полях записывается дата выполнения;
5. в журнале после названия лабораторной работы приводятся краткие теоретические выкладки, методика работы, расчетные формулы, экспериментальные данные и результаты расчетов;
6. порядок записи должен соответствовать полностью порядку выполнения всех операций работы и расчетов согласно методическим указаниям;
7. все данные необходимо записывать сразу же в лабораторный журнал, а не отдельные листки, и обязательно чернилами;
8. ошибочно записанные числа, формулы, слова не переправляйте (!), а аккуратно перечеркните и рядом или над ними напишите правильно. Вырывать испорченный лист из журнала нельзя, его нужно перечеркнуть;
9. проводя расчеты по формулам, обязательно проводите в журнале подстановку всех числовых значений;
10. выделяйте полученные промежуточные значения концентраций, титров и конечные результаты анализа, подчеркивая их.

**Список использованных источников**

1. Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеева Основы аналитической химии. – М.: Высшая школа, 2000. Кн.1 – 351 с., Кн. 2. – 491 с.
2. В.П.Васильев Аналитическая химия-М.: Высшая школа, 1989.-Т1.–320 с.
3. А.Т. Пилипенко, И.В. Пятницкий Аналитическая химия- М.: Химия, 1990.Т.1 – 325 с., Т. 2 – 346 с.
4. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Пособие для вузов/ Под редакцией Ю.А. Золотова. – М.: Высшая школа. 2001. - 463 с.

5. Алексеев В.Н. Количественный анализ. - М.: Химия. 1972. - 504 с.

1. Коренманн Я.И. Практикум по аналитической химии.- Воронеж: изд-во Воронеж. Госунив-т. -2002.- 407 с.

7. Крешков А.П. Основы аналитической химии. М.:Химия, 1971.Т.2.– 456 с.

8. Толстоусов В.Н., Эфрос С.М. Задачник по количественному анализу.- Л.:

Химия, 1986.- 160 с.