Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Филиал ФГБОУ ВО ИРНИТУ в г. Усолье-Сибирском

УТВЕРЖДАЮ:
Заместитель директора по учебной работе
_____ О.В. Черепанова
«20» 10 2022 г.

ОП.03 АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Методические указания по выполнению
практических работ

Специальность	18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений
Квалификация	Техник
Форма обучения	Очная
Год набора	2021

2022 г.

Методические указания по дисциплине ОП.03 Аналитическая химия составлены в соответствии с рабочей программой.

Составитель:
Кириллова Лидия Евгеньевна, преподаватель

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к утверждению на заседании цикловой комиссии химических технологий и автоматизации производства

Протокол № 2 от «19» 10 2022 г.

Председатель ЦК _____ Ю.А. Зыкова

Введение

Целью методических указаний является формирование у студентов навыков и умения использовать в практической деятельности знаний, полученных в процессе теоретического изучения дисциплины ОП.03 Аналитическая химия.

В результате освоения учебной дисциплины ОП.03 Аналитическая химия обучающийся должен обладать предусмотренными ФГОС по специальности СПО 18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений умениями:

У1 Подбирать условия проведения качественного анализа в соответствии с чувствительностью и специфичностью аналитических реакций;
У2 Подбирать условия, необходимые для изменения скорости аналитической реакции и равновесия обратимых реакций;
У3 Рассчитывать концентрацию ионов в растворах слабых и сильных электролитов;
У4 Проводить осаждение ионов;
У5 Проводить дробное осаждение ионов;
У6 Определять степень насыщения растворов;
У7 Проводить расчет pH растворов сильных и слабых электролитов;
У8 Проводить расчеты с целью приготовления буферных растворов;
У9 Рассчитывать концентрацию комплексных ионов в растворе комплексной соли;
У10 Проводить качественный анализ катионов;
У11 Проводить качественный анализ анионов;
У12 Выбирать оптимальный метод анализа;
У13 Проводить расчеты, необходимые для выполнения гравиметрического анализа;
У14 Проводить гравиметрический анализ органических и неорганических веществ;
У15 Проводить метрологическую обработку данных;
У16 Выбирать оптимальный метод титриметрического анализа;
У 17 Проводить расчет концентрации раствора;
У18 Проводить приготовление растворов и реактивов;
У19 Проводить титриметрический анализ органических и неорганических веществ различными методами и способами;
У20 Проводить расчет результатов титриметрического анализа.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

З1 Правила хранения, использования, утилизации химических реактивов;
З2 Методов качественного анализа;
З3 Условий проведения аналитических реакций;
З4 Аналитической классификации ионов;
З5 Закона действия масс;
З6 Теории электролитической диссоциации;
З7 Кислотно-основных свойств веществ;
З8 Способов расчета pH растворов;
З9 Характеристик комплексных соединений;
З10 Способов обнаружения катионов;
З11 Способов обнаружения анионов;
З12 Сущности гравиметрического анализа;
З13 Техники выполнения гравиметрического анализа;
З14 Основных операций гравиметрического анализа;
З15 Областей применения гравиметрического анализа;
З16 Сущности титриметрического анализа;
З17 Способов выражения концентрации;
З18 Правил приготовления стандартных и стандартизованных растворов;
З19 Методов и способов титриметрического анализа;

320 Этапов обработки данных титриметрического анализа;
321Метрологических характеристик методик.

В процессе освоения дисциплины у обучающихся формируются общие компетенции (ОК):

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

В процессе освоения дисциплины у обучающихся формируются профессиональные компетенции (ПК):

ПК 1.1. Оценивать соответствие методики задачам анализа по диапазону измеряемых значений и точности.

ПК 1.2 Выбирать оптимальные методы анализа.

ПК 1.3 Подготавливать реагенты, материалы и растворы, необходимые для анализа.

ПК 1.4 Работать с химическими веществами и оборудованием с соблюдением отраслевых норм и экологической безопасности.

ПК 2.1. Обслуживать и эксплуатировать лабораторное оборудование, испытательное оборудование и средства измерения химико-аналитических лабораторий.

ПК 2.2. Проводить качественный и количественный анализ неорганических и органических веществ химическими и физико-химическими методами

ПК 2.3 Проводить метрологическую обработку результатов анализов

Общее количество часов на практические работы – 36 часов

Информационное обеспечение обучения

Перечень основной и дополнительной литературы, электронных ресурсов

Основная литература:

1. Александрова Э. А. Аналитическая химия : в 2 кн. Кн. 1. Химические методы анализа : учебник и практикум для СПО / Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 537 с. URL: https://www.biblio-online.ru/bcode/430606
2. Александрова Э. А. Аналитическая химия : в 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа : учебник и практикум для СПО / Э. А. Александрова, Н. Г. Гайдукова. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 344 с. URL: https://www.biblio-online.ru/bcode/432754

Дополнительная литература:

3. Никитина Н. Г. Аналитическая химия : учебник и практикум для СПО / Н. Г. Никитина [и др.] ; под ред. Н. Г. Никитиной. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2019. – 394 с. URL: https://www.biblio-online.ru/bcode/433275

4. Вестник Пермского университета. Серия: Химия : научный журнал. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет URL: https://profspo.ru/magazines/11607
5. Universum: Химия и биология : научный журнал. – Москва : Международный центр науки и образования URL: https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=50468

Электронные ресурсы:

Российские ресурсы:

1. Электронная библиотека ИРНИТУ: http://elib.istu.edu/
2. Электронно-библиотечная система «Лань»: http://e.lanbook.com/
3. ЭБС Юрайт: https://urait.ru/
4. Научные электронные журналы на платформе eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru/
5. ЭБС PROFобразование: www.profspo.ru/
6. ЭБС Znanium.com: http://znanium.com/
7. ЭБС «Академия»: http://www.academia-moscow.ru/

Зарубежные электронные научные журналы и базы данных

База данных Springer Nature Experiments (ранее Springer Protocols):
https://experiments.springernature.com/
Доступ из внутренней сети вуза
Wiley Online Library: http://onlinelibrary.wiley.com/
Доступ из внутренней сети вуза

Общие требования к отчетному материалу при проведении практических работ по аналитической химии:

Во время проведения практической работы каждый обучающийся индивидуально оформляет отчет о проделанной работе в тетради для практических работ, который должен содержать дату проведения и название практической работы, исчерпывающие текстовые ответы на поставленные вопросы с решениями, пояснениями, результатами решения; ответами на контрольные вопросы.

Форма контроля: тетради для практических работ сдаются преподавателю на проверку.

Общие критерии оценки

5 баллов – выставляется в случае полного выполнения всего объёма работы, отсутствия ошибок в расчётах, отчет выполнен согласно требованиям, студент показывает отличные знания теоретического материала, полные и правильные ответы на контрольные вопросы.

4 балла – выставляется в случае полного выполнения всего объёма работы, есть несущественные ошибки в оформлении отчетного материала, в знании теоретического материала, не всегда полные и уверенные ответы на контрольные вопросы.

3 балла – выставляется в случае полного выполнения в основном всего объёма работы, небрежное выполнение практического задания и оформление отчета, пробелы в знании теоретического материала, при наличии ошибок, которые не оказали существенного влияния на окончательный результат, а также за работу, выполненную несвоевременно по неуважительной причине.

2 балла – допущены принципиальные ошибки в вычислениях: перепутаны формулы, нарушена последовательность выполнения вычислений, работа выполнена крайне небрежно и т.п.

Таблица – Перечень лабораторных работ

№	Тема	Вид, номер и название работы	Коды общих и профессиональных компетенций	Количество часов

1	***Тема 1.1. Теоретические основы качественного анализа***	Практическая работа № 1 Решение задач на тему: «Чувствительность аналитических реакций»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	1
2		Практическая работа № 2 Решение задач на тему: «Химическое равновесие».	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
3		Практическая работа № 3 Решение задач на тему: «Ионное равновесие»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
4		Практическая работа № 4. Решение задач на тему: «Равновесие в насыщенных растворах»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
5		Практическая работа № 5 Уравнивание окислительно-восстановительных реакций .	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
6		Практическая работа № 6 Решение задач на тему «Комплексные соединения»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	1
		Практическая работа №7 «Математическая обработка результатов анализа»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
7	***Тема 2.1. Гравиметрический анализ***	Практическая работа № 8 «Расчет навески для гравиметрического анализа»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
8		Практическая работа № 9 «Расчет растворителя и осаждающего реактива в гравиметрическом анализе»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
9		Практическая работа №10 «Вычисление результатов гравиметрических анализов»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
10		Практическая работа № 11 «Определение	ОК 01 – 07, 09	4

		кристаллизационной воды в кристаллогидрате.	ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	
11	***Тема 2.2. Объемный анализ***	Практическая работа № 12 Решение задач по теме «Концентрация раствора. Количество вещества. Способы выражения концентрации раствора: молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр раствора, титр рабочего раствора по определяемому веществу. Массовая доля вещества. Фактор эквивалентности. Разбавление и концентрирование растворов. Формулы пересчета концентрации растворов».	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	4
12		Практическая работа № 13 Решение задач по теме «Приготовление и установка титров рабочих растворов кислотно-основного титрования»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
13		Практическая работа № 14 Решение задач по теме «Вычисление результатов кислотно-основного титрования»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
14		Практическая работа № 15 Решение задач по теме «Вычисление результатов перманганатометрии и йодометрии»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
15		Практическая работа № 16 Решение задач по теме «Вычисление результатов осадительного титрования»	ОК 01 – 07, 09 ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
		Практическая работа № 17	ОК 01 – 07, 09	

16		Решение задач по теме «Вычисление результатов комплексонометрических определений»	ПК 1.1,1.2,1.3 , 1.4, 2.1,2.2,2.3	2
Всего часов:				36

Практическая работа № 1

Решение задач на тему: «Чувствительность аналитических реакций»

Количество часов на выполнение: 1 часа

Цель работы: научиться определять чувствительность аналитических реакций.

Задание: выполнить задания по определению чувствительности отдельных аналитических реакций.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с методами определения чувствительности реакций.
2. Предлагает обучающимся сделать самостоятельно 4-5 вычислений.

Ссылки на источники: [1,3].

Практическая работа №2

Решение задач на тему: «Химическое равновесие».

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: освоить понятие «химическое равновесие», оценить его значение для химических процессов

Задание: решить тестовые задания

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций, учебное пособие [5].

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с основным закономерностями возникновения химического равновесия и способами его смещения ссылаясь на материалы лекции.
2. Предлагает обучающимся решить тестовые задания из раздаточного материала.

Ссылки на источники: [5].

Практическая работа №3

Решение задач на тему: «Ионное равновесие»

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: повторить изученный теоретический материал и научиться вести расчеты по ионному равновесию

Задание: выполнить задания по расчетам pH растворов кислот, оснований, буферных растворов.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с правилами вычислений в соответствии с законом действующих масс.
2. Предлагает обучающимся выполнить следующие задания:

2.1. Вычислить pH: а) 0,05 н. раствора H_2SO_4; б) 0,004 М раствора KOH.

(а) pH=1,3; б) pH=11,6).

2.2. Рассчитать молярную концентрацию ионов H^+ для раствора с pH=4,1. ($7,9x10^{-5}$ моль/л).

2.3. Рассчитать молярную концентрацию OH^- ионов раствора с pH=12,5. ($3,2x10^{-2}$ моль/л).

Ссылки на источники: [1,2,5].

Практическая работа №4
Решение задач на тему: «Равновесие в насыщенных растворах»

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: научится вести вычисления для равновесных гетерогенных процессов.

Задание: провести расчеты ПР малорастворимых соединений, определить возможность выпадения осадка. Рассчитать растворимость осадков.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций.

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с правилами вычислений в соответствии с законом действующих масс.
2. Предлагает обучающимся выполнить следующие задания:

2.1. Рассчитать произведение растворимости фосфата кальция, если в 250 мл воды растворяется 0,055 мг соли. ($2x10^{-29}$)

2.2. Рассчитать молярную растворимость сульфида цинка при pH=9,25; pH=4,50; и pH=0,50. (a) ZnSa ПР=$1,6x10^{-24}$ b) ZnSb ПР=$2,5x10^{-22}$).

a) $6´10^{-10}$; $2,6´10^{-7}$; $2,5´10^{-3}$; b) $7,5´10^{-10}$; $3,2´10^{-6}$; 0,032.

Ссылки на источники: [1,2].

Практическая работа №5
Уравнивание окислительно-восстановительных реакций

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: сформировать умения определять и составлять уравнения разных типов окислительно-восстановительных химических реакций в аналитической химии.

Задание:

1. Написать уравнения реакций и расставить коэффициенты с помощью метода полуреакций
2. Определить напрвление окислительно-восстановительной реакции по значению окислительно –восстановительного потенциала.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель, беседуя с обучающимися повторяют материалы лекции по расчетам степени окисления реагирующих веществ, типам окислительно-восстановительных реакций.
2. Совместно с обучающимися разбирается метод подбора коэффициентов в окислительно-восстановительных реакций методом полуреакций.
3. Разобрать методы вычисления окислительно-восстановительного потенциала.
4. Обучающимся предлагается выполнить типовые задания:

4.1. Напишите уравнение взаимодействия соли железа (II) с перманганатом калия в кислой среде.

Выведите формулу для вычисления константы равновесия реакции:

$MnO_4^- + 8\ H^+ + 5\ Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 5\ Fe^{3+} + 4\ H_2O$

4.2. Вычислить окислительно-восстановительный потенциал в растворе, содержащем: 1) 0,2 моль/л MnO_4^-, 0,4 моль/л Mn^{2+}, 0,5 моль/л HNO_3 2) 1 моль/л MnO_4^-, 1 моль/л Mn^{2+}, $[H^+]=10^{-1}$ моль/л. (1) + 1,48 В; 2) + 1,42 В).

4.3. Вычислить константу равновесия окислительно-восстановительной реакции. Решить вопрос о направлении протекать реакции:

4.4.2 $Cr^{3+} + 6\ Fe^{3+} + 7\ H_2O \rightarrow Cr_2O_7^{2-} + 6\ Fe^{2+} + 14\ H^+$; ($K_p=1{,}1 \times 10^{-57}$).

Ссылки на источники: [1,5].

Практическая работа №6
Решение задач на тему «Комплексные соединения»

Цель работы: изучить процессы равновесия при комплексообразовании.

Количество часов на выполнение: 1 час.

Задание: Определить возможность комплексообразования, рассчитать равновесные концентрации.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием, повторяет теоретический материал о механизме комплексообразования.
2. Предлагает обучающимся выполнить задание:

2.1. Рассчитать равновесную концентрацию ионов кадмия в 0,1 М растворе $[Cd(NH_3)_4]^{2+}$. (1×10^{-2} моль/л).

2.2.Рассчитать равновесную концентрацию ионов серебра в 0,05 М растворе комплексной соли $K[Ag(CN)_2]$.

2.3.Смешаны равные объемы 0,2 М раствора $AgNO_3$ и 0,6 М раствора аммиака. Выпадет ли осадок Ag_2CrO_4, если в этот раствор добавить хромат калия до концентрации 0,01 моль/л? не выпадет ($ПКИ=3{,}5\times10^{-15}$)

Ссылки на источники: [1,5].

Практическая работа № 7
Математическая обработка результатов анализа

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: познакомится с основами математической обработки результатов анализа

Задание: рассчитать доверительный интервал, используя критерия Стьюдента.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием, коротко повторяет теоретический материал, показывает пример выполнения, используя программу Excel провести расчеты.

Результаты независимых параллельных измерений позволяют определить не истинное значение искомой величины, а интервал, в пределах которого оно находится с заданной доверительной вероятностью . По результатам независимых параллельных измерений некоторой величины , где вычисляют:

1. среднее арифметическое;
2. выборочную дисперсию среднего арифметического;
3. максимальную случайную ошибку
4. ,
5. где - квантиль распределения Стьюдента

x_i	$x_i - x_{ср}$	$(x_i - x_{ср})^2$			

Истинное значение измеряемой величины с доверительной вероятностью находится в пределах интервала или , который называют доверительным интервалом.

2. Предлагает обучающимся выполнить задание:

При измерении pH 0,1 М раствора уксусной кислоты с помощью pH-метра получили следующие значения водородного показателя: 2,83; 2,85; 2,84; 2,89; 2,86; 2,87; 2,86. Определить доверительный интервал для pH 0,1 М раствора уксусной кислоты. (pH = 2,857± 0,048).

Ссылки на источники: [1,2,3].

Практическая работа №8
Расчет навески для гравиметрического анализа

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: познакомится с основами гравиметрического анализа

Задание: рассчитать навески для гравиметрического анализа кристаллического и аморфного осадка.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

2. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием, коротко повторяет теоретический материал, показывает пример выполнения

Для проведения гравиметрического анализа следует определить тип осадка: кристаллический или аморфный, рассчитать навеску определяемого вещества, количество осадителя.

Для кристаллического осадка рекомендуется масса 0,5 г, а для аморфного – 0,1г.

Массу определяемого вещества находят по формуле

$$m_{оп.в.} = F \cdot m_{в.ф.},$$

где $m_{в.ф.}$- масса весовой формы определяемого вещества, г;

$F -$ аналитический фактор весового анализа.

Если анализируемое вещество содержит какие-либо примеси, то навеску анализируемого вещества рассчитывают по формуле

$$m_{ан.в} = \frac{F \cdot m_{в.ф} \cdot 100}{C};$$

где $C -$ примерное содержание определяемого вещества в анализируемом, %.

Для жидких веществ

$$V_{ан.в.} = \frac{F \cdot m_{в.ф} \cdot 100}{\rho \cdot C};$$

где ρ - плотность, г/см^3;

C – примерное содержание определяемого вещества в анализируемом, %.

3. Предлагает обучающимся выполнить задания:

3.1. В каменном угле содержится по массе 0,5% серы. Какую навеску угля надо взять, чтобы получить массу прокаленного осадка $BaSO_4$ 0,1 г. (Ответ: 2,75 г).

3.2. Рассчитайте навеску соли $FeCl_3$, содержащую около 30% Fe, необходимую для анализа на содержание железа методом осаждения с помощью раствора **Ссылки на источники:** [1,2,4].

Практическая работа №9

Расчет растворителя и осаждающего реактива в гравиметрическом анализе

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: усвоить условия полноты осаждения весовой формы.

Задание: провести расчеты количества осадителя в гравиметрическом анализе.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием, коротко повторяет теоретический материал, показывает пример выполнения

Для полного осаждения определяемого вещества количество осадителя должно в 1,5 раза превышать теоретически рассчитанное. Теоретический расчет проводят по уравнению реакции. Так как осадитель обычно - раствор, учитывают его концентрацию и плотность. В общем виде при расчете объема раствора осадителя используют следующую формулу:

$$V_{\text{ос.}} = \frac{1{,}5 \cdot a \cdot M_{\text{ос.}} \cdot m_{\text{оп.в.}} \cdot 100}{b \cdot M_{\text{оп.в.}} \cdot C \cdot \rho},$$

где $V_{ос.}$ – объем осадителя, мл;

1,5 – коэффициент, определяющий избыток осадителя;

a и b – коэффициенты в уравнении реакции осаждения;

$M_{\text{ос.}}$ – молярная масса осадителя, г/моль;

$m_{оп.в.}$ – навеска анализируемого вещества, г;

$M_{\text{оп.в.}}$ – молярная масса определяемого вещества, г/моль;

C – концентрация раствора осадителя, %;

ρ – плотность раствора осадителя, г/см^3.

2. Предлагает обучающимся заполнить вычисления

2.1. Сколько миллилитров 0,1 М раствора хлорида бария потребуется для осаждения серы в виде $BaSO_4$ и навески 2,0 г каменного угля, содержащего 4 % серы, если осадитель добавлен в стехиометрическом соотношении? (Ответ: 24,9 мл).

2.2. Сколько надо взять 5%-ного раствора аммиака (мл) с учетом 50%-ного избытка для осаждения гидроксида алюминия из раствора, содержащего 0,9865 г KAl(SO4)2·12H2O в 1 л? (Ответ: 3,26 мл).

Ссылки на источники: [1,2,5].

Практическая работа №10

Вычисление результатов гравиметрических анализов

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: на конкретных примерах повторить механизм реакций нуклеофильного замещения

Задание: дописать химические реакции нуклеофильного замещения

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием

При расчетах используют аналитический фактор или множитель F, который определяется как отношение произведений молярных масс определяемого вещества и его гравиметрической формы на стехиометрические коэффициенты:

$$F = \frac{a \cdot \text{М}_{\text{определяемого вещества}}}{b \cdot M_{гравиметрической формы}}.$$

$$m_{оп.в.} = F \cdot m_{в.ф.}$$

2. Предлагает обучающимся провести вычисление подобных заданий:

2.1. Из навески серебряного сплава 0,2466 г после соответствующей обработки был получен осадок хлорида серебра массой 0,2675 г. Вычислить массовую долю серебра в сплаве. (Ответ: 81,64%).

2.2. Из навески чугунных стружек массой 2,851 г после соответствующей обработки и прокаливания был получен осадок SiO2 массой 0,0824 г. Вычислить массовую долю кремния в анализируемой пробе. (Ответ: 1,35%).

Ссылки на источники: [1,2,3].

Практическая работа №11

Определение кристаллизационной воды в кристаллогидрате.

Количество часов на выполнение: 4 часа

Цель работы: познакомится с методами определения кристаллизационной воды.

Задание: провести вычисления потери в массе при высушивании.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием

   Написать уравнение реакции и произвести расчеты потери в массе при высушивании по уравнению реакции:

   $CuSO_4 \cdot 5H_2O = CuSO_4 + 5H_2O$

На практике расчет проводят по формуле

$$C_{\%} = (m_1 - m_2)100\% / m_1,$$

где m_1 - масса навески анализируемого вещества, г;

m_2 – масса навески после высушивания, г.

2. Предлагает обучающимся провести ряд определений содержания кристаллизационной воды в кристаллогидратах:

   $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

Ссылки на источники: [1,2,5].

Практическая работа №12

Решение задач по теме «Концентрация раствора. Количество вещества. Способы выражения концентрации раствора: молярная концентрация, молярная концентрация эквивалента, титр раствора, титр рабочего раствора по определяемому веществу. Массовая доля вещества. Фактор эквивалентности. Разбавление и концентрирование растворов. Формулы пересчета концентрации растворов».

Количество часов на выполнение: 4 часа

Цель работы: повторить тему способы выражения концентрации растворенного вещества. Освоить методы вычислений в титриметрическом анализе.

Задание: провести вычисления концентрации раствора различными способами.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием

Вычисления в титриметрических методах анализа

Расчет результатов титриметрического анализа основан на принципе эквивалентности, в соответствии с которым вещества реагируют друг с другом.

Эквивалент данного вещества не является величиной постоянной, а зависит от реакции, в которой он принимает участие.

Эквивалентом называют реальную или условную частицу вещества, которая в данной кислотно-основной реакции эквивалентна одному иону водорода или в данной реакции окисления-восстановления – одному электрону.

При кислотно-основном титровании молярная масса эквивалента (*М*э) зависит от числа ионов водорода или гидроксила, участвующих в данной реакции:

$M\text{э}_{(кислоты)} = M_{(кислоты)}/n_{(H^+)}$; $M\text{э}_{(основания)} = M_{(основания)}/n_{(OH^-)}$.

Например, $M\text{э}_{(HCl)} = M_{(HCl)}/1$, $M\text{э}_{(NaOH)} = M_{(NaOH)}/1$,

$M\text{э}_{(H2SO4)} = M_{(H2S04)}/2$, $M\text{э}_{[Ba(OH)2]} = M_{[Ba(OH)2]}/2$.

В реакциях окисления – восстановления эквивалент зависит от числа принятых или отданных электронов:

$$M\,\text{э}_{(ox,red)} = M_{(ox,red)}/n(e).$$

Например, для перманганата калия эквивалентная масса зависит от среды, в которой протекают реакции:

в кислой среде $M\text{э}(KMnO_4) = M(KMnO_4)/5$;

в нейтральной $M\text{э}(KMnO_4) = M(KMnO_4)/3$;

в щелочной $M\text{э}(KMnO_4) = M(KMnO_4)/1$.

Фактор эквивалетности ($f_{экв}$) – это число, обозначающее, какая доля реальной частицы вещества эквивалентна одному иону водорода в данной кислотно-основной реакции или одному электрону в данной окислительно-восстановительной реакции.

Например, для перманганата калия в:

кислой среде $f_{экв}(KMnO_4) = 1/5$;

нейтральной $f_{экв}(KMnO_4) = 1/3$;

щелочной $f_{экв}(KMnO_4) = 1$.

Содержание компонентов в растворе может выражаться: массовой долей (%), молярностью (моль/л), нормальностью (молярной концентрацией эквивалента, моль/л).

Процентная концентрация – это массовая доля, выраженная в процентах:

$$C_{\%} = m_1 \cdot 100\%/m_2 \qquad (m_2 = V\rho),$$

где m_1 – масса растворенного вещества, г;

m_2 – масса раствора, г;

V – объем раствора, мл;

ρ – плотность раствора, г /мл.

Молярная концентрация (молярность) показывает число молей растворенного вещества, содержащееся в 1 л раствора (моль/л):

$$См = m/MV,$$

где m – масса растворенного вещества, г;

M – молярная масса растворенного вещества, г/моль;

V – объем раствора, л.

Молярность обозначают большой буквой М, например: 1М - одномолярный раствор; 0,1 М – децимолярный раствор; 0,01 М – сантимолярный раствор.

Молярная концентрация эквивалента (нормальность) показывает число молярных масс эквивалента растворенного вещества, содержащееся в 1 л раствора (моль/л):

$$Сн = N = m/МэV,$$

где m – масса растворенного вещества, г;

$Мэ$ – молярная масса эквивалента растворенного вещества, г/моль;

V – объем раствора, л.

Нормальность обозначают большой буквой N (или н), например: 1н - однонормальный (нормальный) раствор; 0,1 н – децинормальный раствор; 0,01 н – сантинормальный раствор.

Если объем раствора выражается в миллилитрах, то формула принимает следующий вид:

$$Сн = N = m\ 1000/МэV.$$

Титром раствора называется число граммов растворенного вещества в 1 мл ($см^3$) раствора:

$$T = m/V,$$

где m – масса растворенного вещества, г;

V – объем раствора, мл.

С учетом нормальной или молярной концентрации титр можно выразить следующим образом:

$$T = Сн\ Мэ/1000; \qquad T = СмМ/1000.$$

Титр по определяемому веществу - это масса определяемого вещества, выраженная в граммах, эквивалентная одному миллилитру данного титранта.

Титры одного и того же раствора, выраженные различными способами, зависят от молярной массы эквивалента стандартного и определяемого веществ:

$$T_{Т/о.в.}/T_T = Мэ_{(о.в.)}/Мэ_{(Т)}\ ; \qquad T_{Т/\ о.в.} = T_T\ Мэ_{(о.в.)}\ /Мэ_{(Т)}\ ,$$

где $T_{Т/о.в.}$ – титр по определяемому веществу, г/мл;

T_T – титр титранта , г/мл;

$Мэ_{(о.в.)}$ – молярная масса эквивалента определяемого вещества, г/моль;

$Мэ_{(Т)}$ – молярная масса эквивалента титранта, г/моль;

Отношение $Мэ_{(о.в.)}\ /Мэ_{(т)} = F$ называется аналитическим фактором (множителем).

Расчет содержания определяемого вещества по нормальности титрованного раствора проводят исходя из положения, что в точке эквивалентности произведение объемов реагирующих веществ на их нормальности равны между собой:

$$Сн_{(Т)}\ V_{(Т)} = Сн_{(о.в.)}\ V_{(о.в.)}\ ,$$

где $Сн_{(Т)}$ – нормальная концентрация титранта, моль/л;

$V_{(Т)}$ – объем титранта, мл;

$Сн_{(о.в.)}$ – нормальная концентрация определяемого вещества, моль/л;

$V_{(о.в.)}$ – объем раствора определяемого вещества, взятого для титрования, мл.

Отсюда $Сн_{(о.в.)} = Сн_{(Т)}\ V_{(Т)}/\ V_{(о.в.)}$, и масса определяемого вещества

$$m_{(о,в,)} = Сн_{(о,в,)}V_{(о.в.)}Мэ_{(о.в.)}/1000 = Сн_{(Т)}\ V_{(Т)}\ V_{(о.в.)}Мэ_{(о.в.)}/\ V_{(о.в.)}1000 =$$

$$= Сн_{(Т)}\ V_{(Т}\ Мэ_{(о.в.)}/\ 1000 \text{ или } \quad \boldsymbol{m_{(о.в.)} = T_{Т/о.в.}V_{(т)}}\ .$$

Титрованные растворы характеризуются коэффициентом поправки К – числом, показывающим, во сколько раз приготовленный раствор крепче или слабее по сравнению с теоретически заданной концентрацией:

$$K = C_{н(Т)\ практ.} / C_{н(Т)\ теор.}.$$

Тогда расчет следует проводить по формуле

$$m_{(о.в.)} = KT_{Т/о.в.}V_{(Т)}.$$

Если определение проводится методом пипетирования, учитываются общий объем раствора определяемого вещества ($V_{(общ)}$) и аликвотный объем, необходимый для единичного титрования, то к формуле добавляется множитель $V_{(общ)}/V_{(о.в.)}$:

$$m_{(о,в,)} = KT_{Т/о.в.}V_{(Т)}\ V_{(общ)}/\ V_{(о.в.)}.$$

При расчете процентного содержания определяемого вещества учитывается сомножитель $100/\ m_{(нав.)}$:

$$m_{(о.в.)\%} = KT_{Т/о.в.}V_{(Т)}\ V_{(общ)}100/\ V_{(о.в.)}\ m_{(нав.)},$$

где $m_{(нав.)}$ – масса навески определяемого вещества.

Если определение проводится методом отдельных навесок, то расчет проводится по формулам

$$m_{(о.в.)\%} = KT_{Т/о.в.}V_{(Т)}\ 100/\ m_{(нав.)} \quad \text{или} \quad m_{(о.в.)\%} = C_{н(Т)}M_{э(о.в.)}V_{(Т)}\ 100/1000\ m_{(нав.)}.$$

При обратном титровании используются два титранта, следовательно, учитываются две нормальности и два объема:

а) расчет определяемого вещества в граммах –

$$m_{(о.в.)} = (C'_{н(Т)}\ V'_{(Т)} - C''_{н(Т)}V''_{(Т)})M_{э(о.в.)}/1000;$$

б) расчет определяемого вещества в процентах –

$$m_{(о.в.)} = (C'_{н(Т)}\ V'_{(Т)} - C''_{н(Т)}V''_{(Т)})M_{э(о.в.)}100/1000\ m_{(нав.)}.$$

2. Предлагает обучающимся выполнить задания:
   2.1. Какую навеску карбоната натрия следует взять для приготовления 500 мл 0,1 н раствора.
   2.2. Какой объем концентрированной серной кислоты необходимо взять для приготовления двух литров 10% раствор?

Ссылки на источники: [1,2,3].

Практическая работа №13
Решение задач по теме «Приготовление и установка титров рабочих растворов кислотно-основного титрования»

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: разобрать способы приготовления и стандартизации растворов, применяемых в кислотно-основном титровании.

Задание: провести вычисления применяемые в кислотно-основном титровании.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием:

Способы вычислений представлены в работе 11.

2. Предлагает обучающимся выполнить задания:
   2.1. Рассчитать молярную концентрацию HCl, если на титрование 0,4668 г буры ($Na_2B_4O_7 \cdot 10\ H_2O$) затрачено 18,38 мл этого раствора? (Ответ: 0,1332 моль/л).
   2.2. Каковы нормальность, титр и поправочный коэффициент раствора HCl, если на титрование 25,00 мл в присутствии фенолфталеина израсходовано 19,75 мл 0,1н КОН (К = 1,081)? (Ответ: 0,08540 н; 0,003113 г/мл; 0,8540).

Ссылки на источники: [1,2,5].

Практическая работа №14

Решение задач по теме «Вычисление результатов кислотно-основного титрования»

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: ознакомиться с методами расчета в кметоде кислотноосновного титрования.

Задание: Провести расчеты по результатам кислотно-основного титрования**.**

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием.
2. Предлагает обучающимся выполнить вычисления:

2.3. На титрование образца технической кальцинированной соды массой 0,3240 г пошло 32,54 мл 0,1594 н раствора HCl. Определить массовую долю соды в образце. (Ответ: 77,45 %).

2.4. При титровании навески 3,19 г концентрированной соляной кислоты расходуется 32,90 мл 1,00 М раствора NaOH. Вычислить массовую долю соляной кислоты. (Ответ: 37,60 %).

Требования к оформлению отчетного материала:

См. общие требования к отчетному материалу при проведении практических работ по аналитической химии

Форма контроля:

Проверка тетради для практических работ

Ссылки на источники: [1,5].

Практическая работа №15

Решение задач по теме «Вычисление результатов перманганатометрии и йодометрии»

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: ознакомится с методами вычислений при использовании окислительно-восстановительного титрования.

Задание: написать химические реакции окисления восстановления, произвести вычисления.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием
2. Предлагает обучающимся выполнить задание:

2.1. Вычислить процентное содержание $H_2C_2O_4$ в техническом препарате щавелевой кислоты, если 0,2003 г ее оттитровали 29,30 мл $KMnO_4$, 1 мл которого эквивалентен 0,006023 г железа. (Ответ: 99,45 %).

2.2. Навеску 3,0000 г пергидроля растворили в мерной колбе емкостью 500 мл, На титрование 50 мл раствора израсходовали 40,5 мл 0,1 н $KMnO_4$ (К = 1,1525). Вычислить процентное содержание H_2O_2 в образце. (Ответ: 26,46 %).

2.3. При анализе тиосульфата натрия взята навеска 7,9910 г и растворена в мерной колбе емкостью 200 мл. На титрование 20,00 мл полученного раствора расходуется 23,94 мл 0,1 н I_2 (К = 1,1250). Определить процентное содержание $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ в образце. (Ответ: 83,66 %).

2.4. Навеску медного купороса 0,6120 г растворили и обработали раствором йодида калия. На титрование выделившегося йода израсходовано 23,41 мл раствора $Na_2S_2O_3$ (Т $Na_2S_2O_3$/ I_2 = 0,01269 г/мл). Вычислить процентное содержание $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. (Ответ: 95,50 %).

Ссылки на источники: [1,2,5].

Практическая работа № 16

Решение задач по теме «Вычисление результатов осадительного титрования»

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: познакомится с методами вычислений в осдительном титровании.

Задание: написать химические реакции и провести вычисление по результатам анализа.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием
2. Предлагает обучающимся выполнить задание:

2.1. На титрование 20,00 мл раствора NaCl (T NaCl/Ag =0,005750) израсходовали 25,00 мл раствора $Hg_2(NO_3)_2$. Определить молярную концентрацию эквивалента и титр раствора $Hg_2(NO_3)_2$. (Ответ: 0,04265моль/л; 0,01120 г/мл).

2.2. Какое вещество (NaBr или KBr) было взято для анализа, если на титрование 0,2332 г его по методу Мора было израсходовано 18,77 мл 0,1044 М раствора $AgNO_3$?
(Ответ: KBr).

Ссылки на источники: [1,2,5].

Практическая работа №17

Решение задач по теме «Вычисление результатов комплексонометрических определений»

Количество часов на выполнение: 2 часа

Цель работы: изучить области практического применения комплексонометрии.

Задание: произвести расчеты результатов анализа.

Оборудование, материалы, инструменты: тетрадь для практических работ, конспект лекций

Методика выполнения задания

1. Преподаватель знакомит обучающихся с заданием
2. Предлагает обучающимся:

2.1. Рассчитать концентрацию (мг-экв/л) магния в воде, если на титрование 100,0 мл воды трилоном Б с хромогеном черным до синей окраски пошло 19,20 мл 0,1012 н раствора трилона Б. (Ответ: 19,43 мг-экв/л).

2.2. Рассчитать количество Al^{3+} в растворе, если к раствору прибавили 15,00 мл 0,1100 н раствора трилона Б, а избыток последнего оттитровали
3,00 мл 0,1010 н раствором сульфата цинка. (Ответ: 18,20 г).

Ссылки на источники: [1,2,5].