

Дисциплина «Аналитическая химия» относится к базовой части блока химических дисциплин, является обязательным курсом. Курс «**Аналитическая химия**» предназначен для студентов 2 курса химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова. В курсе 3 семестра (1 часть) рассматриваются основные химические методы анализа (титриметрические, гравиметрические), методы разделения и концентрирования, метрологические аспекты и объекты химического анализа. В курсе 4 семестра (2 часть) рассмотрены теоретические основы и области применения современных инструментальных методов анализа: спектроскопических, электрохимических, хроматографических и физических. В курсе лекций обсуждаются основные теоретические положения, закономерности химических равновесий, химических и инструментальных методов анализа. Семинары посвящены расчетам, необходимым для решения различных задач химического и физико-химического анализа, обработки результатов измерений. Практические занятия направлены на ознакомление студентов с техникой аналитического эксперимента, получение ими экспериментальных навыков работы на современном аналитическом оборудовании в различных методах химического анализа

Цели освоения дисциплины: оказать структуру аналитической химии, ее роль, место и значение в системе наук, связь с практикой; современное состояние и тенденции развития; научить основам химических и современных инструментальных методов анализа, дать представления об основных закономерностях, на которых основаны методы определения, разделения и концентрирования.

Задачи: на основе изучения теоретических закономерностей химических и инструментальных методов анализа привить студентам навыки практической деятельности в разных областях аналитической химии, научить их решать прикладные аналитические задачи.

Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен

знать основные закономерности химических равновесий и процессов в гомогенных и гетерогенных системах, теоретические основы химических и современных инструментальных методов анализа, области их практического применения;

уметь формулировать и решать конкретные задачи на основе законов и закономерностей, освоенных в курсе аналитической химии; получать экспериментальные данные, проводить их математическую обработку, обобщать полученные результаты;

владеть техникой аналитического эксперимента, навыками работы на современных аналитических приборах, простейшими расчетными методами решения аналитических задач, навыками поиска необходимых данных в открытых источниках (в том числе, в информационных базах данных) и применения их при решении практических задач химического анализа;

приобрести опыт деятельности в проведении эксперимента различными методами анализа, формулировке и решении конкретных фундаментальных и практических задач химического анализа

Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 756 часа, из них 72 ч. – лекции, 72 ч. – семинары, 222 ч. - лабораторные работы, 318 ч. - самостоятельная работа по подготовке к текущему и промежуточному контролю, оформлению лабораторных работ; 72 часа отводится на выполнение курсовой работы по аналитической химии.

| Вид работы | Семестр | | Всего |
|--|------------|------------|------------|
| | 3 | 4 | |
| Общая трудоёмкость, акад. часов | 360 | 396 | 756 |
| Аудиторная работа: | 198 | 168 | 366 |
| Лекции, акад. часов | 36 | 36 | 72 |

| | | | |
|--|-----------------|-----------------|------------|
| Семинары, акад. часов | 36 | 36 | 72 |
| Сам. работа | 144 | 108 | 252 |
| Лабораторные работы, акад. часов | 126 | 96 | 222 |
| Сам. работа | 18 | 48 | 66 |
| Курсовая работа | - | 72 | 72 |
| Самостоятельная работа всего, акад. часов | 162 | 228 | 390 |
| Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, эк-замен) | Зачет, экза-мен | Зачет, эк-замен | |

Содержание лекций

| № раз-дела | Наименование раздела | Содержание раздела |
|------------|---|--|
| 1 | Аналитическая химия, ее задачи и методы. | Основные понятия и термины аналитической химии. Химический анализ. Виды и этапы химического анализа. Области применения Основные характеристики методов анализа. Место аналитической химии в системе химических наук. Области применения. |
| 2 | Виды химического равновесия. Титриметрические методы | Основные типы реакций и процессов в аналитической химии. Титриметрические методы анализа. |
| | | Основные законы и понятия. Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Идеальные и реальные системы, электростатические и химические взаимодействия. Термодинамическая, концентрационная и условная константы равновесия. Теоретические основы титриметрического анализа; особенности и принципы построения кривых титрования. |
| | | Кислотно-основное равновесие. Протолитическая теория кислот и оснований. Равновесие в системе: кислота - сопряженное основание - растворитель. Константы кислотности, основности, автопротолиза. Буферные растворы. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя. |
| | | Кислотно-основное титрование. Сущность метода. Построение кривой титрования. Факторы, влияющие на величину скачка кислотно-основного титрования; принцип действия и выбора кислотно-основных индикаторов; погрешности титрования. Применение кислотно-основного титрования в анализе. |
| | | Комплексные соединения. Органические реагенты в аналитической химии. Реакции комплексообразования; признаки комплексных соединений; константы устойчивости; факторы, влияющие на устойчивость комплексов; органические реагенты; функционально-аналитические группы, их роль; влияние структуры органических реагентов на их свойства; важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе. |
| | | Комплексонометрическое титрование. Неорганические и органические титранты в комплексометрии; использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Селективность титрования и способы ее повышения. Особенности и принципы построения кривых комплексонометрического титрования; принцип действия и критерии выбора металлоиндикаторов. |
| | Равновесие в окислительно-восстановительных системах. | |

| | | |
|---|--|---|
| | | <p>Уравнение Нернста, различные виды окислительно-восстановительного потенциала, определение направления окислительно-восстановительной реакции.</p> <p>Окислительно-восстановительное титрование. Скорость реакций в аналитической химии. Принципы построения кривых окислительно-восстановительного титрования, способы фиксирования конечной точки титрования, погрешности титрования. Роль скорости в химических процессах. Автокатализ. Индуцированные и сопряженные реакции.</p> <p>Методы окислительно-восстановительного титрования. Перманганатометрия; определение железа(II), марганца (II), оксалатов. Иодометрия и иодиметрия; система иод-иодид как окислитель или восстановитель. Дихроматометрия. Определение восстановителей.</p> |
| 3 | <p>Равновесие в гетерогенных системах. Гравиметрия. Методы разделения и концентрирования</p> | <p>Равновесие в системе осадок-раствор. Образование осадков. Количественные характеристики гетерогенного равновесия; условия осаждения и растворения осадков (кристаллических и аморфных); коллоидные системы, образование и свойства коллоидных частиц.</p> <p>Гравиметрический анализ. Основы метода гравиметрии; расчёты в гравиметрии; требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Виды и причины загрязнения осадков, способы их устранения; использование реакций осаждения в химическом анализе</p> <p>Методы разделения и концентрирования. Теоретические основы методов разделения и концентрирования; основные количественные характеристики; применение в химическом анализе.</p> <p>Экстракция. Теоретические основы, закон распределения; классификация экстракционных процессов; скорость экстракции; типы экстракционных систем; применение в химическом анализе.</p> <p>Пробоотбор и пробоподготовка. представительность пробы; факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы; отбор проб гомогенного и гетерогенного состава, различной природы: твердых, жидких, газообразных. Способы подготовки проб к анализу: разложение проб методами растворения, сплавления, спекания, термического разложения. Примеры использования.</p> |
| 4 | <p>Метрологические основы химического анализа</p> | <p>Статистическая обработка результатов количественного анализа. Аналитический сигнал. Способы выражения зависимости аналитический сигнал-содержание. Способы определения концентрации веществ. Правильность и воспроизводимость. Классификация погрешностей. Статистическая обработка результатов измерений. Закон нормального распределения.</p> |
| 6 | <p>Спектроскопические методы анализа</p> | <p>Введение в спектроскопические методы анализа. Спектр электромагнитного излучения. Основные типы взаимодействия вещества с излучением: эмиссия (тепловая, люминесценция), поглощение, рассеяние. Основные принципы и понятия. Спектры атомов и молекул. Приборы.</p> <p>Законы поглощения и излучения. Классификация методов. Основные законы испускания и поглощения электромагнитного</p> |

| | | |
|---|---|--|
| | | <p>излучения. Связь аналитического сигнала с концентрацией определяемого компонента. Основные способы определения концентрации в спектроскопических методах. Классификация методов по природе частиц, взаимодействующих с излучением (атомные, молекулярные); характеру процесса (абсорбционные, эмиссионные); диапазону электромагнитного излучения.</p> <p>Атомно-эмиссионные методы. Спектры атомов, основные и возбужденные состояния атомов, принципиальная схема атомно-эмиссионного спектрометра; источники атомизации и возбуждения (атомизаторы); их основные характеристики. Физические и химические процессы в атомизаторах. Качественный и количественный анализ методом атомно-эмиссионной спектрометрии. Метрологические характеристики и аналитические возможности.</p> <p>Атомно-абсорбционные методы. Принципиальная схема атомно-абсорбционного спектрометра; атомизаторы (пламенные и непламенные); источники излучения, их характеристики. Возможности, достоинства и недостатки метода, его сравнение с атомно-эмиссионным методом. Метрологические характеристики.</p> <p>Метод молекулярной абсорбционной спектроскопии. Связь химической структуры соединения с абсорбционным спектром; способы получения окрашенных соединений; фотометрические аналитические реагенты, требования к ним; способы определения концентрации веществ; измерение высоких, низких оптических плотностей (дифференциальный метод); анализ многокомпонентных систем.</p> <p>Люминесцентные методы. Классификация видов люминесценции по источникам возбуждения, механизму и длительности свечения. Флуоресценция и фосфоресценция. Схема Яблонского. Закон Стокса-Ломмеля, правило зеркальной симметрии Левшина. Принципиальная схема прибора. Факторы, влияющие на интенсивность люминесценции. Тушение люминесценции. Количественный анализ. Метрологические характеристики. Преимущества люминесцентной спектроскопии при идентификации и определении органических соединений. Примеры использования.</p> <p>Методы рентгеновской спектроскопии; виды: рентгеноэмиссионная, рентгеноабсорбционная, рентгенофлуоресцентная. Принцип рентгеноэмиссионной спектроскопии; рентгеноспектральный микроанализ (электронный зонд). Основы рентгенофлуоресцентной спектроскопии; особенности и значение метода; примеры использования.</p> <p>Масс-спектрометрия. Идентификация и определение органических веществ; элементный и изотопный анализ. Хромато-масс-спектрометрия. Общие представления о резонансных (ЭПР-, ЯМР-, Мессбауэровская спектроскопия) и ядерных методах.</p> |
| 7 | <p>Электрохимические методы анализа</p> | <p>Введение в электрохимические методы анализа. Общая характеристика и классификация электрохимических методов; электрохимические ячейки; индикаторные электроды и электроды сравнения; равновесные и неравновесные электрохимические системы.</p> <p>Потенциометрические методы. Измерение потенциала; обратимые и необратимые окислительно-восстановительные системы; индикаторные электроды; ионометрия; основные закономерности.</p> |

| | | |
|---|-----------------------------------|--|
| | | сти; потенциометрическое титрование. Электрохимические методы, основанные на измерении силы тока. Явления в электрохимической ячейке, связанные с протеканием тока; теоретические основы; законы Фарадея; способы определения количества электричества; прямая кулонометрия и кулонометрическое титрование; внешняя и внутренняя генерация кулонометрического титранта. Вольтамперметрические методы. Классификация. Классическая полярография. Индикаторные электроды; преимущества и недостатки ртутного электрода; применение твердых электродов; характеристики вольтамперной кривой; Уравнение Ильковича. Уравнение полярографической волны Ильковича - Гейровского. Потенциал полуволны. Современные виды вольтамперметрии: прямая и инверсионная, переменноточковая; хроноамперметрия с линейной разверткой. Преимущества и ограничения по сравнению с классической полярографией. Амперметрическое титрование; сущность метода; индикаторные электроды; выбор потенциала индикаторного электрода; виды кривых титрования. |
| 8 | Хроматографические методы анализа | Теоретические основы хроматографических методов. Классификация методов. Определение хроматографии; понятие о подвижной и неподвижной фазах; классификация методов по агрегатному состоянию фаз, по механизму разделения, по технике выполнения; способы получения хроматограмм; основное уравнение хроматографии. Газовая хроматография. Газо-адсорбционная (газо-твердофазная) и газо-жидкостная хроматография; сорбенты и носители, требования к ним; механизм разделения; схема газового хроматографа; колонки; основные типы детекторов, их чувствительность и селективность. Жидкостная хроматография. Нормально-фазовый и обращенно-фазовый варианты; полярные и неполярные неподвижные фазы и принципы их выбора; модифицированные силикагели как сорбенты; подвижные фазы и принципы их выбора. Планарная хроматография. Общие принципы разделения. Способы получения плоскостных хроматограмм. Бумажная хроматография. Механизмы разделения. Подвижные фазы. Преимущества и недостатки. Тонкослойная хроматография. Механизмы разделения. Сорбенты и подвижные фазы. Области применения. |

Семинары (практические занятия)

| № раздела | № занятия | Тема |
|-----------|-----------|---|
| 2 | 1 | Химическое равновесие в гомогенных системах |
| | 2 | Кислотно-основное равновесие |
| | 3 | Кислотно-основное титрование |
| | 4 | Равновесие комплексообразования |
| | 5 | Комплексонометрическое титрование |
| | 6 | Окислительно-восстановительное равновесие |
| | 7 | Окислительно-восстановительное титрование |
| | 8 | Скорости химических реакций |

| | | |
|---|--------|---|
| 3 | 9 | Равновесие в гетерогенных системах |
| | 10 | Образование осадков. Их загрязнение |
| | 11 | Методы гравиметрии |
| | 12 | Методы разделения и концентрирования |
| | 13 | Экстракция |
| | 14 | Вопросы пробоотбора и пробоподготовки |
| 4 | 15 | Статистическая обработка результатов количественного анализа |
| | 16 | Выявление и расчет случайных погрешностей |
| 5 | 17 | Разложение проб реальных объектов |
| 6 | 18 | Основные типы взаимодействия вещества с излучением. |
| | 19 | Законы поглощения и излучения |
| | 20 | Атомно-эмиссионные методы |
| | 21 | Атомно-абсорбционные методы |
| | 22 | Метод молекулярной абсорбционной спектроскопии |
| | 23 | Люминесцентные методы |
| 7 | 24 | Введение в электрохимические методы анализа |
| | 25 | Потенциометрические методы |
| | 26 | Кулонометрия и кулонометрическое титрование |
| | 27 | Классическая полярография. |
| | 28 | Современные виды вольтамперометрии |
| 8 | 29 | Теоретические основы хроматографических методов |
| | 30 | Газовая хроматография |
| | 31 | Жидкостная хроматография |
| | 32 | Планарная хроматография |
| 9 | 33, 34 | Правила написания, оформления и представления курсовой работы |

Лабораторные работы

| № раз-дела | № ЛР | Наименование лабораторных работ |
|------------|------|--|
| 2 | 1 | Кислотно-основное титрование. Приготовление первичного стандартного раствора карбоната натрия. |
| | 2 | Приготовление вторичных стандартных растворов соляной кислоты и гидроксида натрия и их стандартизация. |
| | 3 | Определение соляной кислоты. |
| | 4 | Определение солей аммония. |
| | 5 | Комплексонометрическое титрование. Определение железа. |
| | 6 | Комплексонометрическое определение при совместном присутствии в растворе кальция и магния |
| | 7, 8 | Окислительно-восстановительное титрование. Приготовление первичных и вторичных стандартных растворов: бихромата калия и оксалата натрия; тиосульфата натрия и перманганата калия |
| | 9 | Стандартизация растворов тиосульфата натрия и перманганата калия |
| | 10 | Бихроматометрическое и перманганатометрическое определение железа |
| | 11 | Иодометрическое определение меди (тестовая задача) |
| | 3 | 12 |
| 13 | | Выполнение реакций обнаружения и разделения катионов и анионов в растворах. |
| 14 | | Разделение смеси катионов методом бумажной хроматографии. |
| 15 | | Анализ смеси сухих солей |
| 5 | 16 | Качественный и количественный анализ природного или промышленного объ- |

| | | |
|---|----|--|
| | | екта |
| 6 | 17 | Дуговой атомно-эмиссионный анализ: наблюдение и изучение дугового спектра железа; обнаружение легирующих добавок и полуколичественное определение хрома и марганца в стали |
| | 18 | Анализ однокомпонентных систем методом абсолютной фотометрии и методом добавок. Определение никеля, титана, марганца, хрома или железа |
| | 19 | Определение больших количеств веществ методом дифференциальной абсорбционной спектроскопии. Определение меди, марганца или никеля |
| | 20 | Спектроскопический анализ двухкомпонентной смеси 3-нитрофенол – 4-нитрофенол |
| | 21 | Определение аналитической концентрации метилового оранжевого в растворах различной кислотности |
| | 22 | Определение константы диссоциации слабой органической кислоты (тимолового синего, фенолового красного или бромкрезолового синего) |
| | 23 | Флуориметрическое определение рибофлавина в медицинских препаратах |
| | 24 | Оптимизация условий флуориметрического определения люминофоров на примере родамина 6Ж |
| | 25 | Определение содержания хрома (или формальдегида) в растворах каталитическим методом |
| 7 | 26 | Ионометрическое определение фторида в водах с использованием фторид-селективного электрода |
| | 27 | Кислотно-основное потенциометрическое титрование: определение фосфорной кислоты в растворе (либо бинарных смесей кислот: соляной и уксусной кислот; соляной и борной) |
| | 28 | Окислительно-восстановительное потенциометрическое титрование. Определение кобальта в растворе |
| | 29 | Кулонометрическое титрование: определение тиосульфат-иона (или соляной кислоты) |
| | 30 | Инверсионная вольтамперометрия. Идентификация анодных пиков металлов (свинца, кадмия, цинка, меди) и определение их концентрации. |
| | 31 | Инверсионная вольтамперометрия. Определение гексациано-феррата(II) калия с использованием планарных сенсорных структур. |
| | 32 | Амперометрическое титрование. Определение ионов цинка (или дихромат-ионов) |
| 8 | 33 | Газо-жидкостная хроматография. Качественный и количественный анализ смеси n-углеводородов и смеси паров алифатических спиртов |
| | 34 | Определение неорганических ионов в водах методом двухколоночной ионной хроматографии |
| 9 | 35 | Экспериментальная курсовая работа |

Сетевой ресурс поддержки образовательного процесса

<http://www.chem.msu.ru/rus/teaching/analyt/welcome.html>

Вопросы для текущего и рубежного контроля знаний

Вопросы к коллоквиумам 3 семестра

1 коллоквиум. Равновесие в гомогенных системах. Кислотно-основное равновесие. Кислотно-основное титрование.

Константы равновесия реакций и процессов. Ионное состояние вещества в идеальных и реальных системах. Структура растворителей и раствора. Сольватация, ионизация, диссоциация. Поведение электролитов и неэлектролитов в растворах. Теория Дебая-Хюккеля.

Термодинамическая константа равновесия. Активность и коэффициент активности. Концентрационные константы. Общая и равновесная концентрации. Условные константы.

Кисотно-основное равновесие. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Льюиса. Теория Бренстеда-Лоури. Равновесие в системе кислота - сопряженное основание - растворитель. Константы кислотности и основности. Кислотные и основные свойства растворителей. Константа автопротолиза. Влияние природы растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующий и дифференцирующий эффекты растворителя.

Кисотно-основное равновесие в многокомпонентных системах. Буферные растворы и их свойства. Буферная емкость. Вычисление pH растворов одно- и многоосновных кислот и оснований, смесей кислот и оснований. Графическое описание кислотно-основного равновесия (распределительные диаграммы).

Титриметрические методы. Классификация методов. Требования, предъявляемые к реакции в титриметрическом анализе. Прямое, обратное и косвенное титрование. Способы выражения концентраций растворов в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Первичные стандартные растворы, требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандартные растворы. Виды кривых титрования. Скачок титрования. Точка эквивалентности и конечная точка титрования.

Кислотно-основное титрование. Построение кривых титрования. Влияние величин констант кислотности или основности, концентрации кислот или оснований, температуры на характер кривых титрования. Кислотно-основное титрование в неводных средах. Кислотно-основные индикаторы. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, многоосновных кислот и оснований.

Практическое применение. Первичные стандартные растворы для установления концентрации растворов кислот и оснований. Приготовление и стандартизация растворов соляной кислоты и гидроксида натрия. Титрование кислот, оснований, смесей кислот и смесей оснований. *Анализ смесей карбоната и гидрокарбоната натрия, карбоната и гидроксида натрия. Определение солей аммония и азота по методу Кьельдаля. Определение нитратов и нитритов.*

Химическое равновесие

1. Рассчитайте активности ионов калия и сульфата в 0,0200 М растворе сульфата калия.
2. Термодинамическая константа диссоциации азотистой кислоты равна $6,2 \cdot 10^{-4}$. Рассчитайте реальную константу диссоциации кислоты в растворе с ионной силой 0,10.
3. Рассчитайте равновесную концентрацию сульфит-иона в 0,0500 М растворе сульфита калия при pH 7,00.
Для H_2SO_3 : $K_{a,1} = 1,4 \cdot 10^{-2}$, $K_{a,2} = 6,2 \cdot 10^{-8}$
4. При каком pH равновесная концентрация карбонат-иона в 0,0100 М растворе карбоната натрия равна 0,0080 М?
Для H_2CO_3 : $K_{a,1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{a,2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$
5. Рассчитайте общую концентрацию оксалата натрия, обеспечивающую равновесную концентрацию оксалат-иона $2 \cdot 10^{-3}$ М при pH 3,00.
Для $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$: $K_{a,1} = 5,6 \cdot 10^{-2}$, $K_{a,2} = 5,4 \cdot 10^{-5}$
6. Рассчитайте долю хрома в виде $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, если в водном растворе бихромата калия сосуществуют следующие формы:
 $[\text{CrO}_4^{2-}] = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$, $[\text{HCrO}_4^-] = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$, $[\text{H}_2\text{CrO}_4] = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$,
 $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 3,6 \cdot 10^{-1} \text{ М}$, $[\text{HCr}_2\text{O}_7^-] = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$.

Кислотно-основное равновесие и кислотно-основное титрование

1. Рассчитайте pH раствора, полученного смешением 20,0 мл 0,0500 М HCl и 20,0 мл раствора, в котором $[\text{HCO}_3^-] = 0,1000$ моль/л.
Для H_2CO_3 : $K_{a,1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{a,2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$.
2. Каков состав карбонатного буфера, способного обеспечить постоянство pH = 10,00±0,05 при добавлении к 200,0 мл его 0,0050 моль сильного основания или кислоты? Для H_2CO_3 : $K_{a,1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{a,2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$.
3. Сколько граммов твердого формиата натрия следует добавить к 0,200 л безводной муравьиной кислоты ($\text{p}K_{\text{SH}} = 6,7$), чтобы pH полученного раствора составил 5,0? Ионную силу не учитывать.
4. Вычислить интервал изменения pH буферного раствора 0,4000 М по NaHCO_3 и 0,5000 М по Na_2CO_3 , если к 100,0 мл его добавить:
 - а) 10,00 ммоль HCl; б) 40,00 ммоль NaOH.
 Для H_2CO_3 : $K_{a,1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{a,2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$.
5. Напишите уравнение кислотно-основного равновесия для пиридина $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ в ледяной уксусной кислоте. Рассчитайте pH 0,0100 М раствора, приняв $\gamma_{\pm} = 1$. Для $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$: $K_b = 7,9 \cdot 10^{-7}$, для CH_3COOH : $K_{\text{SH}} = 3,5 \cdot 10^{-5}$.
6. Рассчитайте pH 1,000 М раствора мочевины. $K_b = 1,5 \cdot 10^{-14}$
7. Навеску 0,1285 г Na_2CO_3 растворили в воде, добавив 25,00 мл 0,2034 М раствора HCl, избыток кислоты оттитровали 23,42 мл 0,1256 М раствора NaOH. Найти массовую долю примесей в соде. Мол.масса Na_2CO_3 - 106,0.
8. На титрование раствора NaOH, содержащего 4% Na_2CO_3 , в присутствии метилового оранжевого ($\text{pT}=4,0$) израсходовали 25,00 мл стандартного раствора HCl. Какой объем титранта пойдет на титрование этого же раствора NaOH в присутствии фенолфталеина ($\text{pT}=9,0$)? Для H_2CO_3 : $K_{a,1} = 4,5 \cdot 10^{-7}$, $K_{a,2} = 4,8 \cdot 10^{-11}$.
9. При титровании 0,0100 М раствора HCl 0,0100 М NaOH использовали индикаторы фенолфталеин ($\text{pT}=9,0$) и метиловый оранжевый ($\text{pT}=4,0$). Покажите расчетами, какой из индикаторов использовать целесообразнее.
10. Какой индикатор даст возможность оттитровать 0,1000 М раствор NH_3 0,1000 М раствором HCl с меньшей погрешностью: метиловый оранжевый ($\text{pT}=4,0$) или метиловый красный ($\text{pT}=5,0$)? Подтвердите расчетами индикаторных погрешностей. Для NH_3 : $K_b = 1,76 \cdot 10^{-5}$
11. Титруют 0,1000 М раствор $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 0,2000 М раствором HCl. Рассчитайте: а) величину скачка титрования, если относительная погрешность измерения объема составляет ±0,1%; б) индикаторную погрешность с бромтимоловым синим ($\text{pT}=7,3$).
Для H_3BO_3 : $K_a = 7,1 \cdot 10^{-10}$.

Основная литература

| № | Автор | Название книги | Редактор | Место издания | Издательство | Год издания |
|---|-------------------|--|--------------|---------------|-------------------------------|-------------|
| 1 | Коллектив авторов | Основы аналитической химии. | Золотов Ю.А. | Москва | Издательский центр «Академия» | 2010 |
| 2 | Коллектив авторов | Основы аналитической химии. Задачи и вопросы. | Золотов Ю.А. | Москва | «Высшая школа» | 2004 |
| 3 | Коллектив авторов | Основы аналитической химии. Практическое руководство | Золотов Ю.А. | Москва | «Высшая школа» | 2001 |

| | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|---------------|--------|--------------------|------|
| 4 | Васильев В.П. | Аналитическая химия. | | Москва | «Высшая школа» | |
| 5 | Е.Н. Дорохова, Г.В. Прохорова | Задачи и вопросы по аналитической химии. | | Москва | Мир | 2001 |
| 6 | | Методы обнаружения и разделения элементов | И.П. Алимарин | Москва | Изд-во Моск. ун-та | 1984 |
| 7 | Лурье Ю.Ю. | Справочник по аналитической химии | | Москва | Химия | 1989 |

Дополнительная литература.

| № | Автор | Название книги | Редактор | Место издания | Издательство | Год издания |
|---|--------------------|--|----------|---------------|---------------------------|-------------|
| 1 | Кристиан Г. | Аналитическая химия | — | Москва | БИНОМ. Лаборатория знаний | 2009 |
| 2 | Кунце У., Шведт Г. | Основы качественного и количественного анализа | | Москва | Мир | 1997 |
| 3 | Дерффель К. | Статистика в аналитической химии | | Москва | Мир | 1994 |
| 4 | Коллектив авторов | Аналитическая химия. Проблемы и подходы | | Москва | Мир | 2004 |

В. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.
www.analyt.chem.msu.ru