

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»

ФИЛИАЛ МГУ В Г. ГРОЗНОМ

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора филиала – руководитель
образовательных программ
А.С. Воронцов



20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Аналитическая химия

Уровень высшего образования:

Специалитет

Специальность:

33.05.01 Фармация

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Фармацевтические исследования и разработка

Форма обучения:

Очная

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 33.01.05 Фармация, утвержденным приказом МГУ от 30.08.2019 № 1034.

Год (годы) приема на обучение _____

Автор-составитель:

к.х.н., доцент химического факультета МГУ Моногарова Оксана Викторовна

Аннотация рабочей программы дисциплины

Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)

Цель: приобрести фундаментальные знания в области аналитической химии, освоить химические и инструментальные методы анализа, получившие наиболее широкое распространение в фармацевтической практике. Важной особенностью и преимуществом курса является ориентация почти всех практических и теоретических задач на будущую профессиональную деятельность студентов-провизоров – применение изучаемых методов для анализа лекарственных препаратов.

Задачи:

- изучение основных разделов аналитической химии, химического анализа, знакомство с ключевыми понятиями дисциплины;
- понимание роли и значения методов аналитической химии в фармации, в практической деятельности провизора, исследователя;
- изучение общих принципов качественного химического анализа основных классов неорганических и органических веществ и лекарственных препаратов разных фармакологических групп;
- изучение и математическое описание основных видов химических равновесий в растворах и в гетерогенной системе «осадок-раствор», использование их в аналитической химии;
- изучение теоретических основ и освоение на практике классических химических (гравиметрии, титриметрии) и инструментальных (физических и физико-химических: спектроскопических, электрохимических и хроматографических) методов количественного анализа;
- знакомство с основами методов разделения и концентрирования веществ, их использование в практике фармацевтического анализа;
- изучение основ математической статистики применительно к оценке правильности и воспроизводимости результатов количественного анализа.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Аналитическая химия реализуется в базовой части учебного плана подготовки специалиста.

Дисциплина изучается на 2 курсе в течение 3 и 4 семестров.

Объем дисциплины (модуля) составляет 12 зачетных единиц, в том числе 259 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 173 академических часа – на самостоятельную работу обучающихся.

Форма промежуточной аттестации

Зачет в 3 семестре, письменный экзамен в 4 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:

Дисциплина (модуль) «Аналитическая химия» относится к базовой части основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО) и является обязательной для студентов.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть):

Для изучения дисциплины (модуля) необходимо освоение следующих дисциплин и пройденных ранее курсов:

- высшая математика: математический анализ, линейная алгебра, аналитическая геометрия, теория вероятности;
- физика, квантовая механика, строение вещества;
- неорганическая, органическая, физическая химия.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенция	Индикатор достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
УК-2 Способен в контексте профессиональной деятельности использовать знания об основных понятиях и методах естествознания	Индикатор УК-2.1. Использует знания об основных понятиях и методах естествознания в контексте профессиональной деятельности	Знать основные понятия и методы естествознания. Уметь применять основные понятия и методы естествознания в контексте профессиональной деятельности.

<p>ОПК-1 Способен применять математические, физико-химические, химические и биологические методы для решения профессиональных задач в области разработки, исследования, экспертизы и изготовления лекарственных средств.</p>	<p>Индикатор ОПК-1.1. Применяет основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов</p>	<p>Знает основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов. Умеет применять основные биологические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья. Владеет основными методами биологического анализа в изготовлении лекарственных препаратов.</p>
	<p>Индикатор ОПК-1.2. Применяет основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов</p>	<p>Знает основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов Умеет применять основные физико-химические и химические методы анализа для разработки, исследований и экспертизы лекарственных средств и лекарственного растительного сырья Владеет основными методами физико-химического и химического анализа в изготовлении лекарственных препаратов</p>

	<p>Индикатор ОПК-1.3. Применяет математические методы и осуществляет математическую обработку данных, полученных в ходе разработки лекарственных средств, а также исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов</p>	<p>Знает математические методы обработки данных, полученных в ходе разработки лекарственных средств, а также исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов Умеет осуществлять математическую обработку данных, полученных в ходе разработки лекарственных средств, а также исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов Владеет математической обработкой данных, полученных в ходе разработки лекарственных средств, а также исследований и экспертизы лекарственных средств, лекарственного растительного сырья и биологических объектов</p>
--	---	---

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 12 з.е.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:

5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося			Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости* (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы					
	Занятия лекционного типа	Занятия лабораторные	Занятия семинарского типа			
Предмет, задачи и методы аналитической химии. Основные понятия, объекты и области применения аналитической химии. Фармацевтический анализ.	2	2	2	2	8	Устный опрос, тестирование
Основы химического качественного анализа.	4	8	4	8	24	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе.	2	4	2	2	10	Устный опрос, тестирование, практические задания
Химическое равновесие. Основные законы и понятия.	2	4	2	8	16	Устный опрос, тестирование, контрольные работы, практические задания
Кислотно-основное равновесие.	4	7	4	8	23	Устный опрос, тестирование, контрольные работы, практические задания
Теоретические основы титриметрического анализа. Кислотно-основное титрование.	4	7	4	9	24	Устный опрос, тестирование, контрольные работы, лабораторные работы

Равновесия комплексообразования. Органические реагенты в фармацевтическом анализе.	4	7	4	8	23	Устный опрос, тестирование, контрольные работы, практические задания
Комплексонометрическое титрование.	2	4	2	8	16	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Равновесие в системе осадок – раствор.	2	4	2	8	16	Устный опрос, тестирование, практические задания
Методы осадительного титрования. Аргентометрия.	2	4	2	8	16	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Реакции осаждения и их применение в химическом анализе. Гравиметрический анализ.	4	7	4	8	23	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Экстракция.	4	7	4	8	23	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Окислительно-восстановительное равновесие.	4	7	4	8	23	Устный опрос, тестирование, практические задания
Окислительно-восстановительное титрование. Применение методов окислительно-восстановительного титрования в фармацевтическом анализе.	4	7	4	8	23	Устный опрос, тестирование, контрольные работы, лабораторные работы
Статистическая обработка результатов количественного анализа.	2	4	2	8	16	Устный опрос, тестирование, практические задания
Спектроскопические методы анализа.	14	14	14	8	50	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Электрохимические методы анализа.	8	8	8	8	32	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Хроматографические методы анализа.	6	6	6	8	26	Устный опрос, тестирование, лабораторные работы
Промежуточная аттестация: Зачеты Экзамены				4 36	40	
Итого	74	111	74	173	432	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	Предмет, задачи и методы аналитической химии. Основные понятия, объекты и области применения аналитической химии. Фармацевтический анализ.	Введение в аналитическую химию. Предмет аналитической химии, ее цели и задачи. Значение аналитической химии в развитии естественных наук и народном хозяйстве. Место и роль аналитической химии в биологии. Классификация методов аналитической химии. Аналитический сигнал. Современные требования к методам анализа. Связь между объектом и методом анализа. Основы качественного анализа. Классификация катионов и анионов.
2.	Основы химического качественного анализа.	Этапы анализа. Выбор метода анализа. Отбор пробы (средняя проба, ее представительность и размер). Подготовка пробы к анализу (разложение биологического объекта; мокрые и сухие методы разложения; анализ без разложения; отделение мешающих компонентов). Измерение аналитического сигнала. Обработка результатов измерений. Классификация погрешностей анализа. Систематические и случайные погрешности. Правильность и воспроизводимость. Методы оценки правильности анализа: использование стандартных образцов, метод добавок, сопоставление с другими методами анализа.
3.	Пробоотбор и пробоподготовка в химическом анализе.	Представительность пробы; проба и объект анализа; проба и метод анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ; устройства и приемы, используемые при этом; первичная обработка и хранение проб; дозирующие устройства. Основные способы переведения пробы в форму, необходимую для данного вида анализа: растворение в различных средах; спекание, сплавление, разложение под действием высоких температур, давления, высокочастотного разряда; комбинирование различных приемов; особенности разложения органических соединений. Способы устранения и учета загрязнений и потерь компонентов при пробоподготовке.
4.	Химическое равновесие. Основные законы и понятия.	Химическое равновесие. Закон действующих масс. Константа химического равновесия, способы ее выражения. Общие понятия о растворах. Слабые, сильные электролиты. Смещение химического равновесия. Расчет равновесных концентраций. Электролитическая диссоциация воды. Ионное

		произведение воды. Водородный и гидроксильный показатели. Растворимость. Равновесие в гетерогенной системе раствор-осадок. Произведение растворимости (ПР). Условия образования и растворения осадков. Дробное осаждение и разделение. Равновесие в растворах кислот и оснований. Влияние pH раствора на диссоциацию кислот и оснований. Факторы, влияющие на растворимость труднорастворимых электролитов.
5.	Кислотно-основное равновесие.	Кислотно-основное равновесие. Теории кислот и оснований. Теория Аррениуса. Понятие о степени электролитической диссоциации. Протолитическая теория Бренстеда-Лоури: понятия кислоты, основания, амфолита, сопряженной кислотно-основной пары. Водородные и апротонные кислотно-основные теории. Апротонные теории: теории Льюиса и Усановича. Константы диссоциации кислоты или основания и константы диссоциации растворителя. Вычисление pH в растворах сильных и слабых кислот и оснований. Буферные растворы. Вычисление pH и емкости буферных растворов.
6.	Теоретические основы титриметрического анализа. Кислотно-основное титрование.	Общие сведения о титриметрических методах. Их классификация, достоинства и применение в анализе. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрическом анализе. Первичные стандарты, требования, предъявляемые к ним. Фиксаналы. Вторичные стандарты. Точка эквивалентности и конечная точка титрования. Методы обнаружения конечной точки титрования. Закон эквивалентов. Расчет результатов титриметрического анализа. Виды титрования. Кислотно-основное титрование. Вычисление молярных масс эквивалентов. Кислотно-основные индикаторы. Интервал перехода окраски индикатора. Выбор индикатора для установления конечной точки титрования. Вычисление pH в различные моменты титрования. Построение кривых титрования сильных и слабых кислот и оснований.
7.	Равновесия комплексообразования. Органические реагенты в фармацевтическом анализе.	Комплексные соединения и их характеристики. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Координационное число комплексообразователя. Дентатность лиганда. Равновесия в растворах комплексных соединений. Факторы, влияющие на устойчивость комплексных соединений. Применение комплексных соединений в анализе.
8.	Комплексометрическое титрование.	Неорганические и органические титранты в комплексометрии. Использование аминокислот в комплексометрии. Построение кривых титрования. Металлохромные индикаторы и

		требования, предъявляемые к ним. Важнейшие универсальные и специфические металлохромные индикаторы. Прямое, обратное, вытеснительное и косвенное титрование. Селективность титрования и способы ее повышения. Погрешность титрования. Практическое применение. Определение кальция, магния, железа, алюминия, меди, цинка в растворах чистых солей и при совместном присутствии. Определение анионов.
9.	Равновесие в системе осадок – раствор.	Произведение растворимости. Правило произведения растворимости. Растворимость. Факторы, влияющие на растворимость: температура, ионная сила, одноименный ион, конкурирующие реакции, структура и размер частиц.
10.	Методы осадительного титрования. Аргентометрия.	Аргентометрия. Вариант Мора - титрант, среда, индикатор, переход окраски, основное уравнение реакции, применение в анализе. Вариант Фаянса – основное уравнение, условия титрования, использование адсорбционных индикаторов: бромфенолового синего, эозината натрия для определения галогенидов, титрант, среда, индикатор, уравнения реакции, определение точки эквивалентности. Вариант Фольгарда –, уравнение метода, условия титрования, индикатор. Тиоцианометрия- титрант, среда, индикатор, переход окраски, основное уравнение реакции
11.	Реакции осаждения и их применение в химическом анализе. Гравиметрический анализ.	Применение неорганических и органических реагентов для осаждения. Способы разделения путем варьирования pH, образования комплексных соединений и применения окислительно- восстановительных реакций. Групповые реагенты и предъявляемые к ним требования. Характеристики малорастворимых соединений, наиболее часто используемых в анализе. Концентрирование микроэлементов соосаждением с неорганическими и органическими коллекторами. ущность гравиметрического анализа, преимущества и недостатки. Требования к осаждаемой и гравиметрической формам. Образование осадка. Образование и свойства коллоидных частиц. Кристаллические и аморфные осадки. Зависимость структуры осадка от его индивидуальных свойств (растворимости, полярности молекул) и условий осаждения (концентрации осаждаемого иона и осадителя, солевого состава раствора и pH, температуры). Зависимость формы осадка от скорости образования первичных частиц, их роста. Условия получения кристаллических и аморфных осадков. Гомогенное осаждение. Старение осадка. Причины загрязнения осадка (совместное осаждение, соосаждение,

		последующее осаждение). Классификация различных видов соосаждения (адсорбция, окклюзия, изоморфизм и др.). Способы уменьшения соосаждения. Положительное и отрицательное значения явления соосаждения в анализе. Погрешности в гравиметрическом анализе. Изменения состава осадка при высушивании и прокаливании. Практическое применение. Прямые и косвенные методы определения. Важнейшие органические и неорганические осадители. Определение железа, алюминия, кальция, магния, никеля, кобальта, цинка. Определение серы, фосфора, кремния и хлора в органических и неорганических соединениях.
12.	Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Экстракция.	Роль в химическом анализе, выбор и оценка. Сочетание методов разделения и концентрирования с методами определения; гибридные методы. Разделение сопоставимых количеств элементов и отделение малых количеств от больших. Одноступенчатые и многоступенчатые процессы разделения. Константы распределения. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Фактор разделения. Коэффициент концентрирования.
13.	Окислительно-восстановительное равновесие.	Окислительно-восстановительное равновесие. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Понятие о стандартном и реальном окислительно-восстановительном потенциале. Факторы, влияющие на величину окислительно-восстановительного потенциала: концентрации окисленной и восстановленной форм, ионная сила, температура, концентрация ионов водорода, образование комплексных и малорастворимых соединений. Направление реакций окисления-восстановления. Константа равновесия. Ее связь с окислительно-восстановительными потенциалами.
14.	Окислительно-восстановительное титрование. Применение методов окислительно-восстановительного титрования в фармацевтическом анализе.	Окислительно-восстановительное титрование. Вычисление окислительно-восстановительного потенциала в различные моменты титрования. Методы обнаружения конечной точки титрования. Окислительно-восстановительные индикаторы. Перманганатометрия. Общая характеристика метода. Приготовление раствора перманганата калия и его устойчивость. Основы иодометрии. Применение методов окислительно-восстановительного титрования в фармацевтическом анализе.
15.	Статистическая обработка результатов количественного анализа.	Статистическая обработка результатов количественного анализа. Классификация погрешностей. Систематические погрешности. Случайные погрешности. Нормальное распределение.

16.	Спектроскопические методы анализа.	Методы молекулярной оптической спектроскопии. Спектрофотометрия. Спектры молекул. Регистрация спектров. Устройство спектрофотометров. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Коэффициент молярного поглощения. Помехи в атомно-эмиссионной спектроскопии. Атомно абсорбционная спектроскопия. Источники излучения.
17.	Электрохимические методы анализа.	Электрохимические методы анализа. Теоретические основы. Классификация электрохимических методов. Методы регистрации аналитического сигнала. Прямые и косвенные методы. Метрологические характеристики методов.
18.	Хроматографические методы анализа.	Хроматографические методы анализа. Понятие хроматографии. Хроматография как гибридный аналитический метод. Классификация хроматографических методов. Хроматограмма. Качественные и количественные параметры. Теории хроматографии. Газовая хроматография. ВЭЖХ. Устройство хроматографа. Детекторы.

6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)

Критерии и шкалы оценивания:

«отлично» $\geq 85\%$ правильных ответов

«хорошо» $\geq 70\%$ и $< 85\%$ правильных ответов

«удовлетворительно» $\geq 50\%$ и $< 70\%$ правильных ответов

«неудовлетворительно» $< 50\%$ правильных ответов

Примеры тестовых заданий

Ионная сила 0,1 М раствора хлорида натрия равна:

1. 0,1 М;
2. 0,01 М;
3. 0,001 М;
4. 0,0001 М.

Ионная сила 0,01 М раствора хлороводородной кислоты равна:

1. 0,1 М;
2. 0,01 М;
3. 0,001 М;
4. 0,0001 М.

Что такое водородный показатель?

1. отрицательный десятичный логарифм молярной концентрации ионов водорода;
2. концентрация ионов водорода;
3. логарифм концентрации ионов водорода;
4. сумма концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов.

Показатель константы кислотности муравьиной кислоты равен 3,75. Чему будет равен водородный показатель (рН) буферного раствора, состоящего из равных объемов 0,10 М раствора муравьиной кислоты (НСООН) и 1,0 М раствора формиата натрия (НСООНa):

1. 4,75;
2. 3,75;
3. 2,75;
4. 5,00.

Наиболее слабой кислотой является та, у которой показатель константы кислотности равен:

1. 3,8 (муравьиная кислота);
2. 4,76 (уксусная кислота);
3. 7,6 (хлорноватистая кислота);
4. 3,2 (фтороводородная кислота).

Укажите кислотно-основные буферные растворы:

1. раствор уксусной кислоты и ацетата натрия;
2. раствор уксусной и муравьиной кислот;
3. раствор уксусной и хлороводородной кислот;
4. раствор ацетата натрия и ацетата калия.

Укажите частицы, которые согласно протолитической теории кислот и оснований относятся к кислотам:

1. формиат-ион;
2. ацетат-ион;
3. ион аммония;

4. аммиак.

Осадок малорастворимого электролита выпадает при условии, если:

1. стехиометрическое произведение молярных концентраций ионов меньше константы растворимости;
2. стехиометрическое произведение молярных концентраций ионов больше константы растворимости;
3. константа растворимости равна произведению молярных концентраций ионов;
4. нет правильного ответа.

Какие из перечисленных осадков будут растворяться в разбавленной азотной кислоте:

1. сульфат бария;
2. сульфат кальция;
3. сульфат стронция;
4. карбонат кальция.

Из перечисленных осадков будет растворяться в растворе аммиака:

1. хлорид серебра;
2. сульфат бария;
3. оксалат кальция;
4. сульфит стронция.

Критерии и шкалы оценивания:

Типовой вариант экзаменационного билета

○ 1. Характеристика сульфата хрома (III)		
1.1.	Химическая формула: _____ и агрегатное состояние в свободном виде: _____. (жидкое, твёрдое, газообразное)	1 б.
1.2.	Цвет в свободном виде (сухая <i>безводная</i> соль): _____, водного раствора _____.	1 б.
1.3.	Состояние катиона в растворе: _____; цвет раствора сульфата хрома (III) обусловлен _____. (катионом, анионом, катионом и анионом)	1 б.
1.4.	Катион хрома (III) – остаток _____ основания, (сильного, слабого)	1 б.

- формула которого _____.
- 1.5. Сульфат-ион – остаток _____ кислоты,
(сильной, слабой) 1 б.
- формула которой: _____.
- 1.6. По теории Аррениуса сульфат хрома (III) – соль, которая гидролизуется по _____.
(катиону, аниону, катиону и аниону, не гидролизуется) 1 б.
- Водный раствор сульфата хрома (III) имеет _____
(кислую, нейтральную, щелочную) реакцию среды.
- 1.7. По теории Брэнстеда-Лоури катион хрома (III) является: 1 б.
- _____
(кислотой, основанием, амфолитом)
и характеризуется константой _____.
(кислотности, основности)
- 1.8. По теории Брэнстеда-Лоури вещество, сопряжённое с катионом хрома (III), является _____, 1 б.
- (кислотой, основанием)
- химическая формула которой(го) _____.
- 1.9. Напишите равновесия с участием сульфат-иона в водном растворе в рамках теории Бренстеда-Лоури. 1 б.
- 1.10. Катион хрома (III) относится к _____ аналитической группе катионов по кислотно-основной классификации, имеющей групповой реагент(ты) _____. 1 б.
- 2. Реакции обнаружения ионов хрома (III)**
- 2.1. Приведите две реакции обнаружения (в ионной форме) катиона хрома (III), укажите аналитические сигналы и среду, в которой проводят реакции (сильнокислая, слабокислая, нейтральная, щелочная): 1 б.
- _____
- 2.2. Показатель чувствительности реакции обнаружения хрома (III) равен 4. Рассчитайте предел обнаружения ($C_{\text{мин}}$) этой реакции. 1 б.
- _____
- 2.3. Напишите продукты (и их цвет) окисления катиона хрома (III) пероксидом водорода, перманганатом калия и персульфатом аммония. Приведите уравнения и укажите условия проведения соответствующих реакций. 2 б.

- 2.4. Приведите выражение и рассчитайте константу равновесия реакции обнаружения катиона хрома (III) с перманганатом калия в кислой среде, если известно, что $E^0_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}} = 1,33 \text{ В}$, $E^0_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = 1,51 \text{ В}$ 2 б.
- 2.5. Напишите уравнения аналитических реакций с групповыми реагентами по кислотно-основной классификации. Укажите цвет продуктов реакции. _____ 2 б.
- 3. Запишите, ответьте, рассчитайте**
- 3.1. Напишите равновесия и соответствующие выражения для β_2 и K_5 аммиачного комплекса хрома (III): _____ 1 б.
- 3.2. Рассчитайте pH 0,1000 М водного раствора Na_2CrO_4 , если $K_1(\text{H}_2\text{CrO}_4) = 1,6 \cdot 10^{-1}$; $K_2(\text{H}_2\text{CrO}_4) = 3,2 \cdot 10^{-7}$: _____ 1 б.
- 3.3. В качестве растворителя использовали серную кислоту. $K_{\text{авт}}(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,59 \cdot 10^{-4}$. Напишите уравнение автопротолиза. Какое значение pH соответствует точке нейтральности в H_2SO_4 ? _____ 1 б.
- 3.4. Вычислите растворимость хромата бария в воде (в моль/л и г/100 г), если $K_s(\text{BaCrO}_4) = 1,2 \cdot 10^{-10}$, а М.м. (BaCrO_4) = 253,3 г/моль. 2 б.
- 3.5. Рассчитайте активности ионов Cr^{3+} и SO_4^{2-} в 0,005 М растворе $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: _____ 1 б.
- 3.6. Напишите выражение для расчета формального потенциала полуреакции $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e} = 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$ при pH 3, исходя из величины стандартного потенциала $E^0_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}} = 1,33 \text{ В}$. 2 б.
- 3.7. Рассчитайте долю хрома в виде $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, если в водном растворе бихромата калия сосуществуют следующие формы: $[\text{CrO}_4^{2-}] = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$, $[\text{HCrO}_4^-] = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$, $[\text{H}_2\text{CrO}_4] = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$, $[\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 3,6 \cdot 10^{-1} \text{ М}$, $[\text{HCr}_2\text{O}_7^-] = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ М}$. _____ 1 б.
- 4. Химические методы количественного анализа**
- 4.1. Рассчитайте погрешность титрования раствора железа (II) раствором $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в среде 1,0 М H_2SO_4 с дифениламином в качестве индикатора ($E^0_{\text{ind}} = 0,76 \text{ В}$): а) в отсутствие H_3PO_4 ; б) в присутствии H_3PO_4 в условиях существования комплекса $\text{FeH}_2\text{PO}_4^{2+}$ ($\lg\beta = 3,56$), $\alpha(\text{H}_2\text{PO}_4^-) =$ 6 б.

- 7,6·10⁻³. _____
- 4.2. Изобразите вид кривой титрования H₂SO₄ раствором щелочи в водном растворе, указав все обозначения и структурные элементы. Чему равен фактор эквивалентности серной кислоты? 2,0 б.
-
- 4.3. В растворе нужно определить содержание железа (III) и хрома (III). Как это сделать, имея в распоряжении стандартный раствор перманганата калия, серебряный и цинковый редуторы? 2 б.
- $E^0_{AgCl/Ag} = 0,22B$, $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76B$, $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} = 0.77B$, $E_{Cr^{3+}/Cr^{2+}} = -0.41B$:
-
- 4.4. Титруют 0,1 М раствор серной кислоты 0,1 М раствором гидроксида натрия в присутствии индикатора фенолфталеина (рТ = 9,0). Укажите тип и знак индикаторной погрешности: 2 б.
- 1) водородная со знаком “+”
 - 2) водородная со знаком “-”
 - 3) кислотная со знаком “+”
 - 4) кислотная со знаком “-”
 - 5) основная со знаком “+”
 - 6) основная со знаком “-”
 - 7) гидроксидная со знаком “+”
 - 8) гидроксидная со знаком “-”
- Ответ поясните.
-
- 4.5. Рассчитайте значение рН, соответствующее точке эквивалентности (учет разбавления обязателен). _____ 0,5 б.
- 4.6. Приведите выражение для расчета гравиметрического фактора (F) при определении SO₄²⁻, если гравиметрической формой служит BaSO₄: _____ 1,5 б.
- 4.7. Каким методом определяют сульфат-ион с помощью ЭДТА? С чем связывание использование данного способа? Кратко опишите стадии и условия определения. _____ 5 б.
- 4.7. Навеску феррохрома растворили и окислили хром до Cr₂O₇²⁻. К полученному раствору добавили 25,00 мл 0,1000 М раствора соли Мора, на титрование избытка которой израсходовали 3,50 мл 0,0500 М раствора перманганата калия. Найденное содержание хрома

составляет 8,06 %. Рассчитайте массу исходной навески сплава. М.м. (Cr) = 51,99 г/моль.

Решение задачи выполните по форме: дано, схема анализа, анализ условия, уравнение реакции, фактор эквивалентности и молярная масса эквивалента определяемого вещества, формулы для расчёта, расчёт, ответ.

5. Инструментальные методы химического анализа

- 5.1. На титрование 25,00 мл $K_2Cr_2O_7$ электрогенерированными ионами Fe(II) затрачено 1800 с при силе тока 200 мА. Рассчитайте концентрацию (М) раствора $K_2Cr_2O_7$. 2 б.

- 5.2. Хром, отложенный на одной стороне пластинки (10 см^2), растворили в кислоте, окислили до Cr (VI). Избыток окислителя удалили, а $K_2Cr_2O_7$ оттитровали кулонометрически ионами Cu (I), электрогенерированными из $CuSO_4$. Напишите уравнения реакций. 3 б.

Рассчитайте массу хрома, отложенного на 1 см^2 пластинки, если на титрование затрачено 6 мин 35 с при силе тока 35,4 мА. М.м.(Cr) = 52,0 моль/л.

- 5.3. Константа равновесия реакции $2CrO_4^{2-} + 2H_3O^+ = Cr_2O_7^{2-} + 3H_2O$ равна $4,20 \cdot 10^{14}$. Молярные коэффициенты поглощения форм CrO_4^{2-} и $Cr_2O_7^{2-}$ равны: 4 б.

λ , нм	$\varepsilon(CrO_4^{2-})$, л·моль ⁻¹ ·см ⁻¹	$\varepsilon(Cr_2O_7^{2-})$, л·моль ⁻¹ ·см ⁻¹
345	$1,84 \cdot 10^3$	$1,07 \cdot 10^3$
370	$4,81 \cdot 10^3$	$7,28 \cdot 10^2$
400	$1,88 \cdot 10^3$	$1,89 \cdot 10^2$

Рассчитайте оптические плотности водных растворов дихромата калия ($l = 1\text{ см}$) в буферном растворе, имеющем рН 5,60, при указанных длинах волн, если общая концентрация дихромата калия в буферном растворе составляет $4,00 \cdot 10^{-4}\text{ М}$.

Решение задачи выполните по форме: дано, анализ условия, конечная и

промежуточная формула расчёта, расчёт, ответ.

- От каких факторов зависит величина молярного коэффициента поглощения? _____
- 5.4. Определите удерживаемый объем н-пентанола, если при 77°C и скорости потока газа-носителя 90 мл/мин на сорбенте Chromaton N AW DMCS, покрытом Carbowax 1500, получены следующие времена удерживания спиртов: метанол - 72,3 с; этанол - 126 с; бутанол - 509 с. Пик неудерживаемого компонента появляется на хроматограмме через 30 с. 2 б.
- 5.5. Для флуориметрического меди определения люмогаллионом использовали стандартный раствор меди с концентрацией 1,0 мкг/мл. Различные объемы этого раствора после обработки раствором люмогаллиона разбавили водой до 100,0 мл и затем измерили интенсивность их флуоресценции. Получили следующие результаты: 4 б.
- | | | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| $V_{\text{ст.р-р}}$, мл | 1,0 | 3,0 | 5,0 | 7,0 | 9,0 | 11,0 | 13,0 |
| I , у.е. | 12,1 | 26,2 | 40,9 | 55,3 | 70,5 | 83,5 | 97,1 |
- Навеску металла массой 1,0000 г, содержащего следы меди, растворили в кислоте и разбавили раствор в мерной колбе вместимостью 100,0 мл. Из 5,00 мл этого раствора получили 50,0 мл раствора, интенсивность флуоресценции которого составила 80,5 у.е. Рассчитайте массовую долю меди в металле (%).
- 5.6. Волна восстановления CrO_4^{2-} до Cr (III) имеет $E_{1/2} = -0,30$ В, а волна восстановления Cr (III) до Cr (0) -1,40 В. На полярограмме сточной воды предельный ток при -0,70 В равен 10,5 мкА, а при -1,80, 42,0 мкА. Рассчитайте соотношение концентраций CrO_4^{2-} и Cr (III) в анализируемой воде, приняв коэффициенты диффузии равными. Нарисуйте схематически полярограмму и обоснуйте её вид. 2 б.
- 6. Общие практические вопросы**
- 6.1. В каких случаях используют обратное комплексометрическое титрование? Приведите примеры. _____ 1 б.
- 6.2. Когда осаждение считают практически полным? Как добиться 2 б.

	полноты осаждения? Какие потери осадка допустимы в гравиметрии?	
6.3.	Каким образом используют $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в качестве первичного стандарта? Чему равен фактор эквивалентности $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ в реакции с HCl ?	2 б.
6.4.	Назовите компоненты «защитной смеси» Рейнгарда – Циммермана и объясните действие каждого из них при перманганатометрическом определении железа (II) в присутствии хлорид-ионов.	2 б.
6.5.	На чем основан качественный полярографический анализ?	2 б.
6.6.	Какой метод – атомно-эмиссионной или атомно-абсорбционной спектроскопии – предпочтительнее для качественного анализа? Почему?	2 б.
6.7.	Каковы преимущества органических осадителей по сравнению с неорганическими?	1 б.

75 баллов

7. Ресурсное обеспечение:

7.1. Перечень основной и дополнительной литературы

Перечень основной учебной литературы

1. Аналитическая химия. Задачи и вопросы: учеб. пособие/О.В. Моногарова, С.В. Мугинова, Д.Г. Филатова; под ред. Т.Н. Шеховцовой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 112 с.
2. Моногарова О.В. Аналитическая химия. Качественный анализ: Учебное пособие/Под ред. Шеховцовой Т.Н. – М.: МАКС Пресс, 2015. – 68 с.
3. Моногарова О.В. Аналитическая химия. Практическое руководство для студентов фармацевтических специальностей. /Под ред. Шеховцовой Т.Н. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 148 с.
4. Моногарова О.В. Погрешности химического анализа фармацевтических препаратов: Методические рекомендации по выполнению практических работ для студентов фармацевтических специальностей. /Под ред. Шеховцовой Т.Н. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 36 с.
5. Моногарова О.В. Программа по аналитической химии для студентов II курсов факультета фундаментальной медицины МГУ имени М.В. Ломоносова, специальность «фармация» /Под ред. Т.Н. Шеховцовой. – М.: Типография «Реглет», 2015. – 15 с.

6. Основы аналитической химии. В 2 т. Т. 1: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования/[Т.А. Большова и др.]; под ред. Ю.А. Зо-лотова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 384 с.
7. Основы аналитической химии. В 2 т. Т. 2: учеб. для студ. учреждений высш. проф. образования/[Н.В. Алов и др.]; под ред. Ю.А. Золотова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 3416 с.
8. Основы аналитической химии: практическое руководство/Ю.А. Барбалат [и др.]; под ред. акад. Ю.А. Золотова, д-ра хим. наук Т.Н. Ше-ховцовой и канд. хим. наук К.В. Осколка. – 2-е изд. – М.: Лаборатория знаний, 2018. – 462 с.: ил.
9. Харитонов Ю.Я., Григорьева В.Ю. Аналитическая химия. Практикум: Учебное пособие. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 296 с.

Перечень дополнительной учебной литературы

1. Аналитическая химия. Количественный анализ. Физико-химические методы анализа: практикум: учеб. пособие/Ю.Я. Харитонов, Д.Н. Джабаров, В.Ю. Григорьева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 368 с.: ил.
2. Харитонов Ю.Я., Григорьева В.Ю. Примеры и задачи по аналитической химии. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 304 с.

Перечень рекомендуемой учебной литературы

1. Ю.Я. Харитонов. Аналитическая химия. Аналитика. Общие теоретические основы. Качественный анализ. М.: «Высшая школа», 2005.
2. Основы аналитической химии. В двух томах/Под ред. Ю. А. Золотова. М.: Издательский центр «Академия», 2014.
3. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы/Под ред. Ю. А. Золотова. М.: «Высшая школа». 2004.
4. Р. Кёлнер. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. В двух томах. М.: Мир, 2004.
5. М.И. Лебедева. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Тамбов: Издательство ТГТУ, 2005.

7.2. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем (подлежит обновлению при необходимости):

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

analyt.chem.msu.ru

www.fbm.msu.ru

7.3. Описание материально-технического обеспечения.

Помещения:

лекционная аудитория, оснащённая персональным компьютером и мультимедийным проектором; лаборатория аналитической химии с необходимым оборудованием.

Оборудование:

практикум по химическим методам анализа:

набор химической посуды, аналитические весы, центрифуги, сушильные шкафы, нагревательные элементы;

практикум по спектроскопическим методам анализа:

нерегистрирующий спектрофотометр LEKI SS1207, регистрирующие спектрофотометры Т-60, Т-70, СФ-104, спектрофлуориметры JASCO FP-8200, JASCO FP-8200;

практикум по электрохимическим методам анализа:

анализатор жидкости «ЭКСПЕРТ-001» (рН-метр- иономер), анализатор кулонометрический «ЭКСПЕРТ-006», Digital Multimeter (MASTECH);

практикум по хроматографическим методам анализа:

газовый хроматограф «Кристалл 2000 М», ионный хроматограф «DIONEX ICS-1600» (Thermo Scientific).